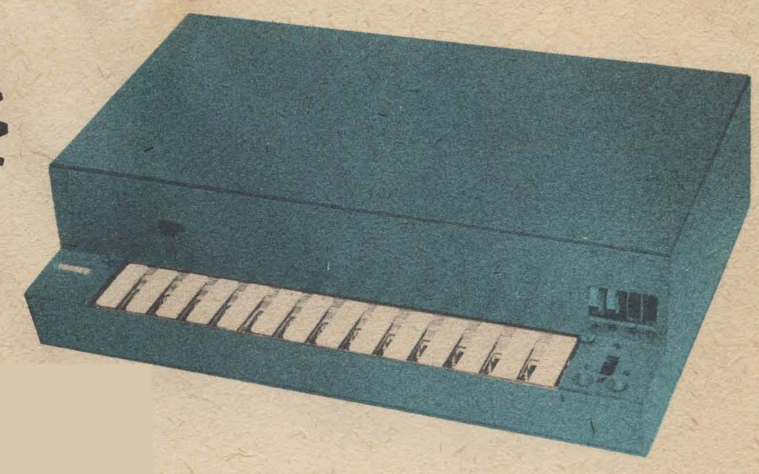




Bauplan 48
Preis 1,– M

K.-H. Bläsing
K. Schlenzig

Musik vom Chip

(Mikroelektronik im Wohnbereich I)

Originalbauplan Nr. 48

1. Einleitung

Mit dem 1-kbit-Speicherschaltkreis S 202 D – der billigen Amateurvariante des U 202 D – kann der Amateur ab 1981 erstmals einen hochintegrierten Amateurschaltkreis einsetzen.

Ihn in seiner Vielfalt zu nutzen setzt allerdings Kenntnisse voraus, die er – mangels Praxis – bisher nur selten erworben hat. Der erfolgreiche Einsatz solcher statischen RAM (Schreib-Lese-Speicher mit wahlfreiem, beliebigem Zugriff zu jedem der beim S 202 D 1024 Speicherplätze) erfordert außerdem einige »Peripherie«, die allerdings in Form mittelintegrierter Schaltkreise (4-bit-Zähler, Flip-Flop-, d. h. Triggerschaltkreise) sowie von Gattern seit langem erhältlich ist.

Kann man bereits mit einem S 202 D praktische Objekte realisieren (die Autoren stellten z. B. ein zum Erlernen des Morsealphabets geeignetes Speichergerät mit 1 × U 202 D bzw. S 202 D im FUNKAMATEUR, Heft 3, 1981 vor), so ist die Vielfalt der Möglichkeiten statischer Schreib-Lese-Speicher, die mit Stützbatterie beliebig lange ihren Inhalt behalten, erst bei Kombination ab 3 oder 4 von ihnen zu erschließen.

Ein solches Objekt ist Hauptgegenstand dieses Bauplans. Der Aufwand an Arbeit läßt sich etwa mit dem für die Digitaluhr nach Bauplan 40/44 vergleichen. Der ökonomische Einsatz liegt dagegen wesentlich niedriger. Das in diesem Bauplan vorgestellte Gerät ist in der Lage, 16 Melodien »anzuspielen«, für die jeweils 64 Speicherplätze bereitstehen. (Varianten lassen andere Aufteilungen zu, z. B. 4 Melodien mit je 256 Plätzen!) Die Melodien können über einen Schalter angewählt, von mehreren Orten aus unterschiedlich aktiviert oder von einem Zufallsgenerator ausgelöst werden. Man kann jederzeit neue Melodien speichern. Im realisierten Bauplanbeispiel wurde aus Gründen des Codier- und Decodieraufwands etwa der Tonumfang einer Triola gewählt, allerdings mit einer Gesamtbreite von 2 Oktaven. Eine Triola enthält keine Halbtöne. Dafür wird der angesprochene Aufwand gut beherrschbar. Besitzt man z. B. 7442- oder 74154-TTL-Schaltkreise (im Inland nicht im Fertigungsprogramm), so kann eine Variante mit 12 Tönen je Oktave realisiert werden. Das Gerät läßt sich bei gleichzeitiger Kontrolle der einzugebenden Töne noch vor dem Speichervorgang über einfache Tasten unkompliziert nach einem vorgezeichneten Schema »laden«. Beispiele dazu enthält der Bauplan. Man wählt Tonhöhe und Pausen über ihnen zugeordnete Tasten an. Ton- und Pausenlängen können beliebig von einer Grundeinheit aus vergrößert werden.

Die Eingabetastatur läßt sich in Verbindung mit dem Tonteil bereits als 2-Oktaven-»mini-Orgel« benutzen. Diese Tatsache und die Einsatzmöglichkeiten des Gesamtgeräts z. B. als nuancenreicher Türmelodiegeber, als Melodiewecker oder auch als »elektronische Spieldose« bilden Parallelen zum Bauplan »Spiele mit Schall«, der als Nr. 38 und Nr. 45 zwei Auflagen erlebte.

Mag auch der Realisierungsaufwand für das vorliegende neue Objekt höher liegen – unvergleichbar größer sind Kapazität und Nutzungsraum dieses praktischen Beispiels für den Einsatz der modernen Mikroelektronik im Wohnbereich.

2. Halbleiterspeicher

Moderne Elektronik und Datenverarbeitung sind eng verbunden. Sie sind verknüpft durch die Digitaltechnik. In ihr wird mit den beiden Zuständen Low und High, also den binären Informationswerten 0 und 1, gearbeitet. Analoge Eingaben (vom einfachen Meßwert in einer Produktionsanlage bis zur Sprache) wandeln spezielle Einheiten in binäre Informationen um. Bei einer »Wortbreite« von 4 bit lassen sich die Zahlen 0 bis 15 im 1-2-4-8-Code in Form von 0-1-Gruppen ausdrücken. Die 4 Stellen in diesem »Wort« haben die Wertigkeiten 2^0 bis 2^3. In logischen Schaltungen werden diese Informationen verarbeitet: entweder zur direkten Auslösung von Aktivitäten (etwa auf die Änderung eines Meßwerts hin) oder auch nach Zwischenspeicherung. Es leuchtet ein, daß man binäre Informationen speichern kann. Schon ein 4stelliger Tastenschalter kann ein 4-bit-Wort speichern. Dort, wo 1 erscheinen soll, liegt der Kontakt am logischen Pegel High, für 0 an Low. Das läßt sich beliebig oft »abfragen«, und man kann diesen Schalter jederzeit neu laden. Da jede seiner Stellen ohne weiteres erreicht werden kann, wurde im Englischen für diese Speicherart der Begriff RAM (»random access memory«) gewählt. Genauer müßte man ihn »Schreib-Lese-Speicher mit wahlfreiem Zugriff« (und zerstörungsfrei lesbarer Information!) nennen.

Soll ein solches 4-bit-Wort für immer gespeichert werden und sich jederzeit abrufen lassen, ist das Schalterbeispiel ein zu hoher Aufwand. 4 Drähte, fest mit den gewünschten Spannungen (also H oder L) verbunden, tun es dann auch. So entsteht ein ROM (»read only memory«, deutsch auch Festwertspeicher).

Für das Beispiel fehlt eine wichtige Aussage, sie kann nur am Objekt geklärt werden. Das Objekt aber ist ein Halbleiterchip. Auf ihm befinden sich auf kleinstem Raum viele Speicherzellen. Beim ROM wird dabei – vereinfacht gesagt – die Information »aufgedruckt«. Das übernimmt bereits auf Bestellung der Hersteller. Es handelt sich dann um ein maskenprogrammiertes ROM. Will es erst der Anwender bei Bedarf laden, so benötigt er ein PROM (»programmierbares ROM«). Bildlich gesprochen werden dann den einzelnen Speicherplätzen die Informationen »eingebrannt«, Verbindungen nach L oder H fest hergestellt.

Eine besonders günstige ROM-Art ist das EPROM (»erasable PROM«). Durch Ladungsspeicherung gelingt zum einen die nichtflüchtige Informationseingabe, zum anderen hat dieses Bauelement ein uv-durchlässiges Quarzglasfenster. Legt man eine solche Schaltung eine gewisse Zeit unter die »Höhensonne«, so verschwindet die Ladung (es wird gelöscht), und das EPROM kann neu geladen (programmiert) werden.

Zwischen derzeit erhältlichen RAM und ROM besteht nun ein ganz wichtiger Unterschied: Ein einmal geladenes ROM behält sein Informations-»Muster« auch in der Aufbewahrungsschachtel, d. h., es ist auch ohne Betriebsspannung stabil. Ein übliches RAM dagegen verliert seine Information bei Abschalten der Betriebsspannung. Es läßt sich also nur in der Schaltung selbst verwenden, und diese Schaltung muß ständig mit Spannung versorgt werden. Der Grund liegt in der Art der Speicherung. Ein RAM ist (in üblicher Technologie) eine Anordnung von vielen bistabilen Zellen (Flip-Flop). Dazu Bild 1: Ein »gesetztes« Flip-Flop führt am Ausgang Q den Zustand H und an $\bar{Q}$ L. Wird es zurückgesetzt (»Reset«), so kehren sich beide um: L an Q, H an $\bar{Q}$. Wenn also z. B. in einer Anordnung von 4 Flip-Flop das 1. und das 4. gesetzt wurden, kann an den 4 Ausgängen 1001 »gelesen« werden, was im Dualcode $2^3 + 2^0 = 9$ heißt. Nach Ab- und wieder Anschalten der Betriebsspannung liest man dagegen (bei automatischem Einschaltreset) 0000 = 0.

Warum aber RAM, wenn ROM auch nach Abschalten einer Betriebsspannung ihre Informationen behalten? Der Grund liegt im unterschiedlichen Einsatz. ROM sind »feste Programmgeber«, denen man durch (getaktetes) Herauslesen in einer bestimmten Reihenfolge Befehle für digitale Schaltungen (jederzeit) entnehmen kann – für Maschinensteuerungen, für Rechner, für Schriftzeichen usw. Einem RAM dagegen bietet man z. B. die während eines solchen Ablaufs anfallenden Daten an, speichert sie vorübergehend und holt sie bei Bedarf heraus, kann neue einschreiben usw. Wesentlich für seinen Einsatz etwa im vorliegenden Bauplan ist dabei, daß sich ein RAM (der Art des S 202 D) mit relativ kleinem Aufwand sowohl schnell laden als auch lesen läßt. Im Beispiel sollen allerdings die Daten u. U. jahrelang eingeschrieben bleiben. Dem kommt der S 202 D mit einer energiesparsamen »Schlafstufe« entgegen.

Die Informationen dieses Bauplans wurden auf statische Speicher beschränkt. Sie sind einfacher zu handhaben als dynamische Speicher, denn deren Inhalt muß mit Hilfe einer speziellen Schaltung periodisch »aufgefrischt« werden, sonst geht er verloren.

Die Beschäftigung mit Speicherschaltkreisen führt im vorliegenden Fall zu einem interessanten, wenn auch »spielerischen« Objekt. Sie bringt aber Erfahrungen und Wissen über ein Bauelement, das – ob einzeln oder in noch komplexeren Strukturen integriert – zu den wesentlichsten Bestandteilen moderner mikroelektronischer Schaltungen gehört, die gegenwärtig unseren weiteren technischen Fortschritt bestimmen.

3. Der Schaltkreis S 202 D (Amateurtyp des U 202 D)

Der S 202 D ist ein statisches 1-kbit-RAM mit einer Wortbreite von 1 bit. 1 kbit bedeutet 2^{10} bit. Der S 202 D vermag also 1024 Einzelinformationen zu speichern, von denen jede einzelne nur aus einem L oder H besteht. Jeder Speicherplatz ist über eine entsprechende »Adresse« von außen unabhängig von den anderen und jederzeit erreichbar. Das bedeutet: Über den Dateneingang (DI) kann ein L oder ein H eingegeben werden, das einen von der Adresse bestimmten Speicherplatz aus 1024 möglichen erreicht. Dort kann es jederzeit mit derselben Adresse abgefragt werden und erscheint (ohne innen verlorenzugehen) am Datenausgang (DO). Zur Steuerung des Betriebszustandes (Schreiben oder Lesen) wird an den Eingang $\overline{WE}$ (»negiertes write enable«, Schreibsignal) ein L oder ein H gelegt. Da H in positiver Logik die »Ja«-Information darstellt, ist für einen Eingang mit Negation das negierte H die Steuerinformation, also L. Bei L am Eingang $\overline{WE}$ wird auf Schreiben geschaltet. Die neue Information überschreibt die alte. Sie kann dabei sofort am (Daten-) Ausgang DO kontrolliert werden. (Übrigens ist der S 202 D in n-Kanal-Silikon-Gate-Technologie und damit in MOS-Technik ausgeführt und ein- und ausgangsseitig TTL-angepaßt.) In größeren Verknüpfungen ist es nötig, einzelne Schaltkreise anzuwählen, während die übrigen in dieser Zeit nicht aktiv sind. Das erreicht man mit dem Eingang $\overline{CS}$ (»chip select«): Bei H am Eingang nimmt DI nicht auf, und DO ist hochohmig. L an $\overline{CS}$ ist also Voraussetzung, daß ein S 202 D geladen und gelesen werden kann.

Stellt man sich die Speicherplätze als eine »Karo«-Anordnung vor, so ergeben sich 32 Zeilen und 32 Spalten. Zeilen- und Spaltennummer wären dann die 2stellige Adresse jedes Speicherplatzes (Bild 2). Ein solches 1-kbit-RAM würde 64 Adreßeingänge brauchen. Die jeweils 32 Zeilen bzw. Spalten können jedoch auch binär codiert angesprochen werden, nämlich nach $2^5 = 32$ über 5 Eingänge eines Zeilen- bzw. Spaltendecoders binär auf 1 aus 32. Eine Folge von 5 Binärinformationen (L oder H) enthält dabei jede Zahl von 0 bis 31. Soll nun das RAM von außen »hintereinander« geladen werden, so benutzt man einen Adreßzähler. Zur Vereinfachung wurde das 5. bit einmal nicht variiert. Man erreicht dann 16 Zeilen und 16 Spalten, also immerhin 256 der 1024 Plätze, mit 2 Schaltkreisen vom Typ D 193. Das sind 4-bit-Zähler, die eine Taktimpulsfolge von 0 bis 15 in 4stellige Binärausgaben von LLLL bis HHHH umschlüsseln. So entspricht – nachdem man die Schaltkreise über ihren Reseteingang auf LLLL rückgesetzt hat – tatsächlich wieder 0 dem Speicherplatz in Zeile 0 und Spalte 0 (»links oben«, bildlich vorgestellt), während z. B. der 5. Zeilentakt und der 3. Spaltentakt den Platz treffen, der sich in der 5. Zeile und in der 3. Spalte befindet.

Eine wichtige Eigenschaft des S 202 D, der bei 5 V immerhin wenigstens 30 mA Betriebsstrom braucht, ist seine »Schlafsteuerung«: Unterhalb einer Mindestbetriebsspannung (etwa 3 V) werden die Adreßeingänge gesperrt. Bis typisch 2 V (je nach Exemplar bis 1,5 V und weniger) bleiben die Speicher geladen. In diesem Zustand kann weder eingeschrieben noch gelesen werden. Der Strombedarf ist jetzt kleiner, und nur noch etwa 25 % der sonst erforderlichen Leistung (und weniger) sind nötig, damit das so bleibt. Wird die Betriebsspannung wieder entsprechend erhöht, so kann über die gespeicherten Informationen sofort wieder verfügt werden. Monozellen sind geeignete Langzeit-Stützspannungsquellen, wenn ein geladener S 202 D z. B. transportiert werden muß oder wenn mit Netzspannungsausfällen zu rechnen ist.

Bei Auslegen der Ansteuer- und Leseschaltungen ist zu berücksichtigen, daß Zugriffs- und Zykluszeiten beim Basteltyp S 202 D bis zu 800 ns betragen können. Bild 3 zeigt die Belegung der Anschlüsse des S 202 D, und Bild 4 informiert über die Innenschaltung in Übersichtsdarstellung.

4. Musik ohne Chip: Das kleine Objekt

4.1. Unterschiede zur Musik vom Chip

Zum automatischen Musizieren braucht man eine kleine monofone elektronische »Orgel«. Was lag näher, als sie auch direkt zum anspruchslosen Musizieren zu nutzen? Viele Leser werden sich (vorerst) vielleicht mit ihrem Bau begnügen. Schon damit hätte sich dieser Bauplan gelohnt. Sie auf das große Objekt hin zu erweitern macht dann außerdem weniger Mühe. (Umgekehrt genügen, wie noch gezeigt wird, zum Laden unserer Speicher mit Musik aber ggf. auch 5 einfache Tasten!) Man muß allerdings bedenken, daß es wesentliche Unterschiede in Aufwand und Bedienung gibt. Ton- und Pausenlängen bei »direkter« Musik werden vom Spieler einfach durch die Länge des jeweiligen Tastendrucks bestimmt. Beim Einspeichern (siehe unten) wird das einmalig programmiert und vom Taktgenerator dann immer wieder exakt reproduziert. Die Tastendrucklänge ist dabei nicht mehr entscheidend! Man darf beim Einschreiben auch nicht von Ton zu Ton die Pauseneingabe vergessen, falls eine Pause nötig ist. Speichern ist also kein richtiges Spielen (wie es etwa der Kassettenrecorder verlangen würde), denn hier wird »digitalisiert«! Das betrifft auch die Seite des Aufwands.

Bei der im folgenden zunächst beschriebenen »mini-Orgel« wird von jeder Taste unmittelbar das zugeordnete Potentiometer für den Ton erreicht. 7 Töne heißt 7 Tasten an 7 Potentiometern; 12 Töne eben 12 Tasten an 12 Potentiometern. Erst bei der 2. Oktave kann (!) ähnlich dem großen Objekt, »unsichtbar« von den weiteren Tasten her, umgeschaltet werden – also weitere 7 (12) Tasten an denselben 7 (12) Potentiometern, aber mit jeweils einer Umschaltdiode zusätzlich.

Man kann aber auch per Knopf mit schnellem Griff über dieselben Tasten die 2. Oktave anwählen oder das sogar mit Fuß über ein Pedal tun.

Im großen Objekt ist der Speicherung der Töne in 3 RAM, der Adressierung der Speicher und der dazu nötigen Umsetzung (Codieren, Decodieren) die übrige Schaltungstechnik untergeordnet. Für den Tongenerator z. B. heißt das: 7 Tasten werden in Worte zu je 3 bit codiert, damit sie in die Speicher als L bzw. H geschrieben werden können. Bei der Wiedergabe müssen diese 3-bit-Worte aber (ebenso wie schon beim Mithören zur Kontrolle während des Einschreibens) wieder auf 7 Töne decodiert werden. Daher liegt hinter dem Tastenfeld im großen Objekt ein Coder, und vor den Potentiometern des Tongenerators befindet sich ein Decoder. Beide werden im kleinen Objekt nicht gebraucht. Bild 5 zeigt das symbolisch. Die »mini-Orgel« besteht also (Netzteil nicht dargestellt) aus Tastenfeld, Stellpotentiometern, Tongenerator, ggf. Teiler für 2. Oktave, Schaltnetzwerk, Verstärker und Lautsprecher.

4.2. Tastenfeld

Im Unterschied zur »mini-Orgel« aus Bauplan 38 bzw. 45 wurden für das Einschalten des jeweils gewünschten Tons keine einfachen Ein-Tasten, sondern Umschalter benutzt. Klein-Mikromomentschalter (Mikrotaster), die es relativ preiswert gibt, erlauben die in Bild 6 dargestellte Verknüpfung: Da der Tongenerator bereits schwingt, wenn noch keine Taste gedrückt ist, wird der Tonkanal über die in Bild 5 mit »Netzwerk« bezeichnete Einheit zunächst gesperrt. Die Freigabeleitung liegt dazu an Masse. Jede Tastenbetätigung löst diese Freigabe. Durch die Sprungkontaktgebung wird fast im gleichen Augenblick auch der richtige Ton angewählt. Bild 7 und Bild 8 zeigen die praktische Gestaltung eines solchen Tastenfelds. Als Material für Träger und Tasten bietet sich (möglichst schlagzähes) Polystyrol von etwa 1 bis höchstens 2 mm Dicke an. Es läßt sich auf jeden Fall aus entsprechenden Behältern (bzw. Deckeln davon) gewinnen, ist bisweilen aber auch direkt als Plattenmaterial erhältlich.

Im Muster wurden 2 Wandschienen des ehemaligen Systems »Amateurelektronik« als Tastenträger gegeneinandergeklebt. Der Tastenweg ist relativ klein. Dadurch reicht die material- und aufbaubedingte Federung der Konstruktion völlig aus, um die Tasten mit geringem Kraftaufwand genügend weit nach unten zu bewegen. Falls für die Tasten kein geeignetes Plattenmaterial aus Polystyrol erhältlich ist, fertigt

man sie aus PVC. Den Übergang zu den verbleibenden Polystyrolteilen (nur mit Polystyrol lassen sich die verwendeten Mikrotaster zuverlässig verbinden!) können dann z. B. thermisch eingedrückte Drahtklammern sicherstellen. Beim Verdrahten beachte man Bild 7b: Der Ruhekontakt liegt unten! Die in den Fotos abgebildete Tastatur enthält 14 Ton- und 2 Pausentasten, wurde also in dieser Ausführung vor allem für das große Objekt hergestellt.

4.3. Tongenerator, Teiler und Tonsteuernetzwerk

Für die Tonerzeugung wurde auf den bewährten TTL-Generator aus Bauplan 38 zurückgegriffen, vor allem, weil er sich gegen Masse steuern läßt. Allerdings sollten seine Betriebsbedingungen möglichst konstant gehalten werden (stabilisierte Betriebsspannung, keine größeren Umgebungstemperaturschwankungen). Schließlich sollte bei Anwahl über 2 Oktaven mit automatischer Umschaltung (Bild 9) auf den Einfluß der Schaltdioden auf die Tonhöhe Rücksicht genommen werden. Bei Zwischenschalten der Codier-Decodier-Strecke im großen Objekt entfällt diese Forderung, denn dort wird der Tongenerator sowohl beim Laden wie bei der Wiedergabe von den zuverlässig auf L schaltenden Speicherausgängen angesteuert. Wenn auch alle 7 (12) Potentiometer grundsätzlich 2,2-kΩ-Typen sein können, so empfiehlt sich doch eine Staffelung von 2,2 kΩ – 2,2 kΩ – 2,2 kΩ – 1 kΩ – 1 kΩ – 1 kΩ – 470 Ω – 470 Ω (220 Ω) von c nach h (sinngemäß bei 12-Ton-Ausführung), was man jedoch erproben sollte.

Dem Tongenerator folgen zwei 2:1-Frequenzteiler mit einem D 174. Der 1. Teiler setzt lediglich die (als »2f« erzeugte) Tonfrequenzschwingung in eine mit symmetrischem Tastverhältnis um. Von seinem Ausgang gelangt die zunächst nicht weiter geteilte Frequenz an ein Gatter. Ein 2. Gatter erhält die nochmals 2:1-geteilte Frequenz. Beide Gatter kann man über den »0/8« genannten Eingang mit L sperren. Es erscheint dann kein Ton am Ausgang. Dieser Eingang wird in der »mini-Orgel«-Variante mit dem obersten Punkt des Tastenfelds verbunden. Von welcher Oktave der Ton am Ausgang stammt, entscheidet der Eingang »D'«. Liegt er auf H, so ist das untere Freigabegatter gesperrt, und man hört die tieferen Töne. L an D' schaltet das Netzwerk auf die 1 Oktave höheren Töne um. D' wird in der »mini-Orgel« mit den Dioden des »Teilerabschaltungs«-Zweigs an L gelegt. Der Eingang »Tonstop bei Ende« hat erst für das große Objekt Bedeutung. Durch das Netzwerk hinter den Freigabegattern ist übrigens die ausgegebene Schwingung ohne Schaltspannungsanteil, was unschöne Tasten-»Klicks« verhindert.

Bild 10 zeigt den Stromlaufplan des Tongenerators mit Teiler und Netzwerk. Für die »mini-Orgel« werden die Punkte c bis h direkt (bzw. – bei 2 Oktaven – gemäß Bild 9) mit dem Tastenfeld verbunden.

4.4. NF-Verstärker

Der Aufwand für den Wiedergabeteil beider Varianten ist beliebig. Wer die »mini-Orgel« mit Hörern betreibt, kommt mit einem Transistor aus. Mittleren Ansprüchen wird z. B. ein mit A 210 D bestückter Verstärker gerecht. Ein solcher war unter anderem Bestandteil von Bauplan Nr. 42. Bild 11 zeigt noch einmal die wichtigsten Informationen dazu. Es empfiehlt sich, ein Lautstärkepotentiometer (z. B. 47 kΩ) zwischen Tonausgang und Verstärkereingang zu schalten!

4.5. Netzteil

Wird die von Abschnitt 4.4. ermöglichte NF-Leistung voll ausgeschöpft, sollte man sich bei der Leistungsfähigkeit des Netzteils bereits an das große Objekt anlehnen. Bei kleiner Aussteuerung (mit Vorwiderstand ggf. begrenzen, damit die stabilisierte Spannung nicht zusammenbricht) genügt ein 0,5-A-Klingeltransformator: Aus der gleichgerichteten, aber noch unstabilisierten Spannung wird der NF-Verstärker gespeist, während der Tongenerator z. B. über das einfache stabilisierte Netzteil nach Bild 12 (vgl. Bauplan 38 bzw. 45) versorgt wird.

5. Musik vom Chip: Das große Objekt

5.1. Übersicht, Gesamtfunktion

Tonerzeugung und Tonwiedergabe, in Abschnitt 4. noch gleichzeitig und jeweils »einmalig« ablaufend, lassen sich mit mikroelektronischen Speicherschaltkreisen zeitlich beliebig auseinanderrücken, und die Wiedergabe ist beliebig oft (und überaus exakt) zu wiederholen. Das Fassungsvermögen eines S 202 D ist dabei so groß, daß sich nicht nur eine Melodie speichern läßt. Allerdings muß man sie dazu »digitalisieren«. Während der S 202 D nur 1 bit »breit« speichert, sind für die Unterscheidung von 7 Tönen 3 bit nötig, denn in binärer Codierung sind dann $2^3 = 8$ verschiedene Kombinationen möglich. Werden also die Schalter des Tastenfelds über Dioden so verknüpft, daß die 7 Töne einer Oktave zu 7 unterschiedlichen Dreierkombinationen von L und H werden, so sind die Töne damit bereits zu digitalen »Worten« codiert. Die 3 Leitungen, auf denen sie nun weitergeführt werden, sind mit A, B und C bezeichnet. Mit ihnen werden die Speicher A, B, C geladen. Von deren Ausgängen gelangen die 3-bit-Worte an einen Decoder, der genau das Umgekehrte tut, nämlich aus ihnen 1 aus 7 auswählt. Als »aktives L« schaltet diese Information dann im Tongenerator zur Hörkontrolle den Ton ein, der auf der Tastatur gerade angewählt worden ist. Man könnte natürlich auch A, B und C direkt zum Decoder führen (»digitale mini-Orgel«). Das wäre aber für diesen Zweck nicht nur unnötig kompliziert, sondern ergäbe auch andere Töne, hervorgerufen durch die »unsauberen« Pegelbedingungen wegen der zusätzlichen Diodenstrecken vor den Generatoreingängen. So aber werden bereits die sauberen L- bzw. H-Pegel A', B' und C', nämlich die der Ausgänge des Speicherblocks aus 3 × S 202 D, an die Generatoreingänge geführt, während an den Eingängen A, B, C der Speicher die L-H-Gruppe vom Tastenfeldcoder anliegt. Die gleichzeitige Tonausgabe (als »Dienstleistung« der Speicherschaltkreise) ist selbstverständlich nur möglich, wenn durch entsprechende Steuerung der Speicherblock auf »Schreiben« geschaltet ist ($\overline{WE}$ auf L). Die Adreßsteuerung bestimmt dabei, welcher Speicherplatz gerade belegt wird.

Die gewählte Taste kann nun lange oder kurz gedrückt sein. Wie lang der Ton bei der Wiedergabe sein wird, bestimmt später erst der Taktgenerator, der den Adreßwähler (einen Zählschaltkreis mit 4 bit breitem Ausgang) immer dann einen Schritt weiterschaltet, wenn eine Taste losgelassen wurde.

In der Codierung (Bild 13) bedeutet HHH »keinen Ton«. Die über den Tontasten angeordneten beiden Pausentasten (Bild 14) sorgen dafür, daß der Adreßzähler auch dann einen Schritt weitergeschaltet wird. Während aber die »lange Pause« dann die Länge des kürzesten gespeicherten Tons hat (weil der Taktgenerator auf diesem Platz genau so lange wie auf einem mit Toninformation geladenen Platz verharrt), kann über Speicher D mit der Taste »kurze Pause« eine halb so lange Pause programmiert werden, die man mindestens zur Trennung der sonst ineinander übergehenden Töne einer Melodie verwenden sollte. D ist nämlich das 4. Bit, das bei Tonwahl nur in der 2. Oktave wirksam ist (Bild 14). Es schaltet im Tongenerator den 2:1-Teiler ein bzw. aus. (Der ganze Speicherblock besteht aus diesem Grund aus 4 × S 202 D statt aus nur 3.) Durch diese die Taktfrequenz steuernde Pauseneingabe braucht man nun sowohl für kurze wie für lange Pause jeweils nur 1 Speicherplatz. Erst wenn längere Pausen gewünscht werden, muß man die Pausentaste entsprechend 2mal betätigen.

An dieser Stelle sollte noch folgendes geklärt werden: In der DDR waren Decoder-Schaltkreise für 1 aus 10 bisher so gut wie nicht und 1 aus 16 selten (aus Importen) im Amateurbedarfshandel erhältlich. Die 7-Ton-2-Oktaven-Variante läßt sich daher mit Einzelhalbleitern noch am vernünftigsten realisieren. Die 12 Töne einer »kompletten« Oktave würden erst über einen solchen integrierten Decoder mit vertretbarem Aufwand speicherbar werden. Deshalb diese »Triola«-Version.

5.2. Tastenfeld und Coder

Das bereits 2mal angesprochene Bild 14 gibt den jetzt nötigen Aufwand im geschilderten Sinne wieder. Bauen läßt sich diese Tastatur nach den gleichen Gesichtspunkten wie die in Abschnitt 4. gezeigte. Der Coder ist am günstigsten mit Mehrfachdioden mit gemeinsamer Anode (SAM 42 bis SAM 45) zu realisieren. Dafür zeigt Bild 15a einen Leiterplattenvorschlag. Die jeweils nichtbenötigten Diodenanschlüsse werden vor dem Bestücken abgeschnitten oder umgebogen. Bei Einzeldioden sind axiale Typen (bzw. z. B. die SA 403, SA 412 oder SA 418) günstig oder wenigstens solche mit langen Anschlüssen. Die Leiterplatte wird dann entsprechend länger (Bild 15b).

5.3. Tongenerator mit Decoder

Der Tongenerator und alles Weitere bis zur NF entspricht den in Abschnitt 4. erläuterten Schaltungsteilen. Allerdings werden nun die Potentiometer nicht mehr von den Tasten angesteuert, sondern von der binär-zu-1-aus-7-decodierten Information aus den Speicherschaltkreisausgängen. Für diesen Decoder entstand die Transistorkombination nach Bild 16. Achtung! Wer den Tongenerator zunächst für Einsatz in der »mini-Orgel« nach Abschnitt 4. abgeglichen hat, muß jetzt neu abgleichen! Man bedenke, daß in der Regel in Reihe zum Potentiometer 3 Kollektor-Emitter-Strecken liegen! Bei näherer Betrachtung ist dabei teilweise mit erheblichen (funktionsbedingten!) Restspannungen zu rechnen, auch, wenn die Transistoren noch so kleine eigene Restspannungen im Durchlaßzustand haben. Zum Ausgleich ungünstiger Potential-»Anhäufungen« wurden daher in den Eingang A' und hinter C' noch Dioden eingefügt (V17, V18). Anderenfalls ließen sich direkt (also ohne zwischengeschalteten Speicher) gar nicht alle Töne anspielen, da die entsprechenden Strecken nicht bis zum Potentiometer durchgeschaltet wurden. (Töne mit V12, V13, V7 war davon besonders betroffen.) Man bedenke, daß z. B. an A' ein npn-Transistor von L gesperrt werden muß, wobei in der Strecke A'–Masse noch, tastaturcodebedingt, bei einigen Tönen eine Diode liegt!

Für den Abgleich des Tongenerators (das gilt auch schon für Abschnitt 4.) empfiehlt sich ein Frequenzmesser, der an den Ausgang des 2. D-Flip-Flop angeschaltet wird. Dort tritt ja die tiefere Oktave auf. Bei Bedarf kann man bei Anspielen von c (denn der Abgleich sollte gleich über die Tastatur vorgenommen werden!) noch den Wert des Tongeneratorkondensators erhöhen oder verkleinern. Auch die beiden Widerstände des Generators können noch etwas variiert werden, etwa um 10 % nach oben oder nach unten.

Die Frequenzen in diesem Bereich lassen sich am genauesten über ihre Periodendauer bestimmen. Daher enthält bereits Bild 13 entsprechende Werte. Wer ein genügend musikalisches Gehör hat, kommt natürlich ohne Frequenzmesser aus. In diesem Falle ist eine Triola als Vergleichtongeber sehr praktisch.

Da der Tongenerator einerseits erst mit dem Decoder zusammen für das große Objekt interessant ist und da sich andererseits für die »mini-Orgel« dann eine Teilbestückung anbietet, entstand die Leiterplatte nach Bild 17.

5.4. Speicherblock

»Herz« des großen Objekts ist der 4-bit-Speicherblock mit 4 × S 202 D (3 × für Tonspeicherung, 1 × für Oktavteilersteuerung bzw. Pausenumschaltung). Bild 18 zeigt seinen vollständigen Stromlaufplan. »Vollständig« wurden allerdings die Adreßleitungen nicht dargestellt. Vielmehr bedeuten Schrägstrich und Ziffer(n), daß es sich um ein »Leitungsbündel« von n Leitungen handelt. Es hat keinen Sinn, diesen Block allein in Betrieb zu nehmen und ihn irgendwie »von Hand« zu laden. Jeder unbeschaltete Eingang fängt dann undefinierte Störungen auf. Erst in Verbindung mit der Adreßsteuerung (und nach Anschluß an Tastenfeld und Decoder) sollte getestet werden. Die Funktion dieser Gesamtschaltung dürfte auf Grund der bisherigen Erläuterungen genügend »durchsichtig« geworden sein. Die RC-Glieder an den Eingängen sind eine Konsequenz der endlichen Impulsbreite, die zum Laden gebraucht wird. Man bedenke, daß der

Adreßzähler nach Loslassen der Taste, die den betroffenen Eingängen ein L zugeordnet hat, weitergeschaltet wird, während diese L-Information bei zu kleiner Zeitkonstante (oder auch bei hoher Dioden-Durchlaßspannung) im Moment des Umschaltens sonst schon wieder zu H würde (Ergebnis: Pausen auf allen Plätzen!). Problematisch erscheint zunächst die Leiterplatte für eine solche 4-fach-Parallelschaltung von Schaltkreisen. Eine Zweiseitenleiterplatte ist nicht zu vermeiden. Das klingt aber schlimmer, als es ist. Wie Bild 19 zeigt, besteht die Leiterseite vorwiegend aus parallelen Leitern, die man z. B. aus einer Streifenleiterplatte ohne Ätzen gewinnen kann. Nur zwischen den Schaltkreisen ist dann einiger Trennaufwand nötig. Es lag nahe, darum doch eine Spezialplatte vorzugeben, die man über »typofix« gewinnt. Bauelementeseitig werden diese Leiter entweder von Drahtbrücken oder von Leiterzügen gekreuzt. An den gewünschten Punkten sind »Durchkontaktierungen« nötig – entweder in Form der abgebogenen Enden der Drahtbrücken oder als kurze Drahtstücke. Bild 20 zeigt die beiden Möglichkeiten. Steht 2seitig kaschiertes Halbzeug zur Verfügung, so geht man z. B. so vor: Das »typofix«-Bild der Leiterseite wird nach den bekannten Richtlinien aufgebracht und mit Fotorollenquetscher festgedrückt. Dann bestreicht man die Rückseitenfolie lückenlos mit Schutzlack aus dem Ätzsatz. Nach dem Trocknen wird geätzt. Die von allen Schutzschichten gesäuberte Platte bohrt man nun mit einem scharfen 1-mm-Bohrer. Dabei genügt es vorerst, die Bohrungen anzubringen, für die Durchkontaktierungen erforderlich sind. Mit der Kante eines Halbzeugstücks wird Grat entfernt. Auf die saubere Rückseite bringt man nun – bei Bedarf in Einzelstücken – die Rückverdrahtung vom »typofix«-Blatt »treffsicher« mit den Lötaugen auf den entsprechenden Bohrungen auf. Wieder folgen Rollenquetscher und Lackieren der unteren Seite (also der fertigen Leiterzüge). Jetzt ist aber Vorsicht geboten, damit durch die Löcher wandernder Lack nicht rückseitig unerwünschte Inseln erzeugt! Man kann natürlich auch, da die Leiter relativ breit sind, beide Seiten auf einmal mit »typofix« abdecken. Zumindest 4 Orientierungsbohrungen an den Plattenecken sind aber zu empfehlen. Die Musterplatte (Bild 21 zeigt die der Adreßsteuerung) entstand in etwa auf diese Weise, aber noch mit »typofix-universal«-Elementen. Ihre Herstellung erwies sich kaum schwieriger als die einer Einlagenplatte, und auch das Durchkontaktieren war relativ schnell erledigt. Dabei wurde verzinnter 0,8-mm-Draht mit dem stumpfen Teil eines Seitenschneiders etwas breitgedrückt und dann so in das jeweilige Loch gefädelt, daß er mit diesem Teil ähnlich einer Stecklötöse festklemmt. So konnte beidseits zuverlässig gelötet werden. Die Schaltkreise setzt man (unbedingt!) zuletzt ein, da es sich um elektrostatisch empfindliche MOS-Bauelemente handelt. Man hüte sich daher auch vor statischen Ladungen (Kunststoffverpackung und -kleidung) – Berühren der Anschlüsse bis zum Einbau vermeiden! Es empfiehlt sich, immer eine Reihe mit dem vom Netz getrennten und an einer leitenden, geerdeten Unterlage (kupferkaschierte Platte) »entladenen« Lötkolben zu löten und danach den Kolben neu zu heizen. Am besten ist ein Niederspannungskolben mit Erdung.

5.5. Adressierung

Wie eingangs bereits skizziert, wurde das Speicherplatzangebot in 16 × 64 Plätze aufgeteilt. 64 Takte kann damit maximal jede gespeicherte Tonfolge (einschließlich Pausen) enthalten. Als Takt gilt die kürzeste Tonlänge. Geht man also z. B. vom 1/16-Ton als kürzestem aus, so braucht 1/8-Ton 2 Plätze, 1/4-Ton gar 4. 64 Plätze, das bedeutet, daß man 6 Adreßeingänge des Speicherblocks binär ansteuern muß, denn $2^6 = 64$. Die restlichen 4 Adreßeingänge können damit zur Anwahl von $2^4 = 16$ »Melodiezeilen« benutzt werden. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten, auch z. B. über Dreh- oder Tastenschalter. Man muß ja auch (anfangs – später reizt es schon!) nicht das gesamte Platzangebot nutzen. Im unteren Extremfall tut's eine Zeile. Im Vergleich zum 7-Töner aus Bauplan 38 bzw. 45 könnte man sein »Melodiestückchen«, wenn auf Zwischenräume verzichtet wird, auf einer einzigen »Zeile« dieses Speichers gleich 9mal hintereinander unterbringen (und 144mal im ganzen Speicherblock ...)!

Für das Einüben legt man also die Adreßeingänge A6 bis A9 (wenn A0 bis A5 für die Tonschritte benutzt werden) an H oder an L, also an Plus oder an Masse. Schon Umschalten eines dieser Eingänge auf den entgegengesetzten Pegel erlaubt die Auswahl von 2 Melodien.

A0 bis A5 müssen also beim Speichern in Einzelschritten und bei Wiedergabe von einem Taktgenerator (automatisch binär codiert) hintereinander als Schritte 0 bis 63 angewählt werden können. Bild 22 zeigt das Prinzip dieser beiden Anwahlarten. Bild 23 gibt den vollständigen Adreßzähler wieder, der aus einem 4-bit-Zählschaltkreis (D 193 oder P 193) und aus 3 D-Flip-Flop ($1\frac{1}{2}$ × D 174 oder P 274) besteht. Das

letzte Flip-Flop gehört nicht mehr zum Zählumfang, sondern stellt eindeutige Start-Stop-Verhältnisse sicher. Eine H/L-Flanke an seinem Setzeingang bringt Q auf H. (Q hatte am Ende des Zählumfangs des Adreßzählers auf L geschaltet und damit die beiden vorhergehenden Flip-Flop an ihren S-Eingängen gesetzt, während vom gleichzeitig auf H gewechselten $\bar{Q}$ R des 4-bit-Zählers rückgesetzt worden war.) Dieses H gibt auch die S-Eingänge der beiden Flip-Flop frei, und das L von $\bar{Q}$ schaltet den 4-bit-Zähler auf Bereitschaft.

Je nach Stellung der A/W-Umschaltung ist damit gemäß Bild 22 nach Drücken der (nichtrastenden) Starttaste das Laden möglich (»A«), oder die Melodie läuft ab (»W«). Diese Taste ist also auch der (1.) »Klingelknopf«.

Wie schon in Bauplan 38 und 45 festgestellt, darf jedoch eine Steuerleitung an einer solchen TTL-Schaltung nicht von fremden Störfeldern (besonders Schaltimpulsen) beeinflußt werden. Da im vorliegenden Fall eine einfache Abblockung mit einem Elektrolytkondensator wie in den genannten Bauplänen nicht möglich ist – ein Blick in den Stromlaufplan zeigt es –, sollte von der in Bauplan 45 gebotenen Möglichkeit Gebrauch gemacht werden: Aus dem (vorhandenen) Klingelspannungskreis wird der Startimpuls über eine Relaisschaltung gewonnen, siehe Bauplan 45. Es ist aber auch möglich, in der noch freien Ecke der Adreßsteuerung einen Transistor unterzubringen, den man dann über eine durch RC-Glied gegen Fremdstörungen gesiebte Leitung mit der externen Starttaste (z. B. an der Tür) aktiviert. Es gibt dafür also eine ganze Reihe von Realisiermöglichkeiten.

Bild 24 zeigt den vollständigen Stromlaufplan der Adreßsteuerung. Zu ihm direkt gehört die bereits mitskizzierte kleine Bedieneinheit, die zweckmäßig auch eine dem späteren Klingelknopf parallelgeschaltete Start- und Resettaste enthält. Sie besteht damit aus einem 2poligen Simeto-Umschalter »A/W«, einem Mikromoment- oder Simeto-Umschalter »Löschen« und einer einfachen, nichtrastenden Taste »Start/Reset«.

In der Gesamtschaltung der Steuerung erkennt man rechts unten wieder den Adreßzähler aus Bild 22. Links liegt der bis auf die Größe des zeitbestimmenden Kondensators dem Tongenerator entsprechende Taktgenerator. Seine 3 zusätzlichen Tonlängensteuereingänge sind als »Zugabe bei Bedarf« zu werten und können ggf. weggelassen werden. Sie sind aber zur unterschiedlichen Wiedergabe »schneller« gegenüber »getragenen« Melodien nützlich. Eine Diode von ihrem Sammelpunkt nach Anschluß 21 könnte (ebenfalls bei Bedarf) den Löschvorgang verkürzen.

Der Taktgenerator steuert ein D-Flip-Flop an, d. h., seine Frequenz wird normalerweise halbiert. Dazu muß sein R-Eingang auf H-Pegel liegen. Erhält er von der Gatterverknüpfung (mit den Eingängen 7 und 8) dagegen L, dann geht $\bar{Q}$ auf H. Nur in diesem Fall kann der mit der Taktfrequenz direkt belegte Eingang des P 230 (D 130) auch mit dieser Frequenz gesteuert werden. Da der R-Eingang des Flip-Flop nur L erhält, wenn von $\bar{D}$ die Information »kurze Pause« kommt, wird der P 230 in allen anderen Fällen mit der Hälfte der Taktfrequenz periodisch freigegeben und gesperrt. Damit ist die »kurze Pause« (von der entsprechenden Taste im Tastenfeld ausgelöst) stets halb so lang wie jede Toneinheit bzw. wie die »lange Pause«. ($\bar{D}$ heißt ja: Wenn im D-Speicher H enthalten ist, also eben Taste »lange Pause« *nicht* gedrückt war, erhält $\bar{D}$ L-Niveau.) Die Bedeutung des Eingangs »0/8« in diesem Teil der Steuerung wird klar, wenn man bedenkt, daß der Tondecoder wegen der Decodierung 1 aus 7 keine Töne aktivieren soll, wenn alle Eingänge H führen. Dann liefert der Punkt »0/8« L, sperrt intern im Tongenerator den Ausgang (siehe dortiges Schaltnetzwerk mit D 110) und liefert L für »0/8« an der Adreßsteuerung. Wenn dabei auch $\bar{D}$ gerade L ist, erhält also der R-Eingang des Taktfrequenz-Teiler-Flip-Flop tatsächlich auch L.

Der P 230 hat hauptsächlich die Aufgabe, die Information weiterzugeben, ob eine der Tasten im Tastenfeld gedrückt war oder nicht. Jedesmal nach Loslassen einer Eingabetaste soll ja der Adreßzähler einen Schritt weitergeschaltet werden. (Daher kann man Fehleingaben durch zusätzliches Drükken der richtigen Taste vor Loslassen der falschen beheben.) Der D 120 hinter dem P 230 gibt eine L/H-Zählflanke an den 4-bit-Zähler aber nur weiter, wenn der P 230 am Ausgang von H auf L schaltet. Er führt am Ausgang aber nur L, wenn alle Eingänge H erhalten. In der Betriebsart Aufnahme (A) ist der Taktgenerator gesperrt, der Taktausgang für P 230 liegt also auf H. Auch der Taktteiler-Flip-Flop-Ausgang führt H, da sein R auf L liegt, weil von Anschluß 19 her das steuernde Gatter eingangsseitig beide Male H führt. R ist über das (nichtgedrückte) Tastenfeld an L gelegt, also führt auch der Ausgang des mit R verbundenen Gatters H. Die anderen P 230-Eingänge haben H, weil noch keine Taste gedrückt worden ist.

$\overline{WE}$ des Speicherblocks liegt an L, also ist die Aufnahme vorbereitet. Der Adreßzähler steht noch beliebig. Die Speicher haben nach dem Einschalten undefinierte Zustände. Sie können mit L ebenso wie mit H geladen sein. Es empfiehlt sich daher, zunächst »mit Pausen zu laden«. Anderenfalls würden kürzere Melodien in zufälligen Tonfolgen enden.

Mit der Löschtaste wird daher der Taktgenerator freigegeben. Gleichzeitig sorgt die Diode von 1 nach 21 dafür, daß das »R-Gatter« ausgangsseitig auf H bleibt. Über 21 erhält auch der S-Eingang des letzten Flip-Flop im Adreßzähler durch das RC-Glied eine H/L-Flanke und gibt damit die Zählsperre frei, die auch den Taktgenerator öffnet. Da 20 durch Drücken der Löschtaste H angenommen hat, ist das Tastenfeld wirkungslos. Alle von ihm kommenden Leitungen bleiben also auf H. Der Taktgenerator schaltet nun ungehindert den Adreßzähler von 0 bis 63 durch, und alle 64 Speicherplätze werden mit H, also mit Pausen, geladen. Die Leuchtdiode »Ende« zeigt an, wann dieser Vorgang abgeschlossen ist. Nun kann die Löschtaste losgelassen werden. Bei Drücken der Starttaste verlischt die Leuchtdiode wieder, und das Gerät ist aufnahmebereit.

Jede Aufnahme wird mit einer Pauseneingabe begonnen. Eingang P erhält dabei L, solange die Pausentaste gedrückt ist. Beim Loslassen geht der Ausgang des P 230 wieder auf L, wobei das angeschlossene 1. Gatter im Sinne eines Entprellers wirkt: Schon der 1. L-Impuls liefert H an seinem Ausgang, der vorher (weil auch R durch die Taste auf H lag) für die Tastendruckdauer L führte. Somit wird der Adreßzähler eindeutig und zuverlässig am Ende nach jeder Tastenbetätigung einen Schritt weitergeschaltet. Die Aufnahme ist, wenn nicht schon vorher auf W geschaltet wurde, bei Schritt 63 (von 0 an gezählt) beendet. Steht der Schalter auf W, so kann die in der von der Adresse an A6 bis A9 bestimmten »Zeile« gespeicherte Melodie jederzeit im Rhythmus des Taktgenerators wiedergegeben werden.

Bild 25 zeigt eine Leiterplatte zur Adreßsteuerung im gleichen Format wie Tongenerator und Speicherblock sowie die Möglichkeit, für die ohnehin nur mit je 2 Eingängen verwendeten D 110 auch D 100 einzusetzen. Diese Ausweichmöglichkeit kommt der derzeitigen Angebotslage bei Gattern entgegen.

5.6. Hinweise zum Speichern von Melodien

- Auf Aufnahme schalten.
- Vor dem Eingeben Speicherzeile löschen (Löschtaste bis zum Aufleuchten der »Ende«-Anzeige drücken).
- Mit Starttaste Freigabe sicherstellen (»Ende«-Anzeige muß verlöschen).
- Jede Melodieeingabe ist mit einer Pauseneingabe zu beginnen.
- Einmaliges Drücken einer Taste ergibt die von der Impulsbreite des Taktgenerators bestimmte kürzeste Tonlänge bei Wiedergabe.
- Länge der Eingabebetätigung ist für Wiedergabelänge ohne Einfluß.
- Für doppelte Tonlänge 2mal dieselbe Taste drücken (das wirkt bei Eingabe wie 2 Töne, ergibt aber nur 1, aber eben von doppelter Länge!).
- Pausen können speicherplatzsparend als »kurze« (halbe kleinste Tonlänge) oder »normale« (so lang wie kleinste Tonlänge, auch »lange« genannt) eingegeben werden.
- Für Vielfaches der Pausenlänge ebenfalls Pausentaste entsprechend oft hintereinander drücken.
- Sollen 2 Töne nicht unmittelbar ineinander übergehen, muß stets zwischen ihnen (auch bei gleichen Tönen) die gewünschte Pausenlänge eingegeben werden!
- Nach dem Laden auf Wiedergabe schalten.
- Kürzere Tonfolgen als 64 Schritte sind möglich; der Rest ist dann als Pause einzugeben. Am Ende dieser Pause leuchtet bei Wiedergabe – ebenso wie bei voller Melodie – wieder die »Ende«-Anzeige.

Melodiebeispiele wurden »eingabegerecht« tabellarisch zusammengestellt. Bild 26 zeigt als Alternative zur Tastatur noch eine im Aufwand ganz einfache, allerdings wegen der Codierung nicht so leicht zu betätigende Eingabeeinrichtung (es müssen bis 4 Tasten zugleich gedrückt werden).

5.7. Stromversorgung

Mit einer zunächst beliebigen 5-V-Spannungsquelle (belastbar bis etwa 0,7 A) wird der Strombedarf des Gesamtgeräts festgestellt. Dabei sollte die Endstufe vorerst nur auf Mindestlautstärke gestellt werden. Im allgemeinen wird ein Gesamtbedarf von weniger als 0,5 A vorliegen. Das 1. Mustergerät z. B. benötigte sogar nur 375 mA. Unter solchen Bedingungen (bis etwa 0,5 A) und bei den üblichen Netzspannungstoleranzen zwischen −15 % und +10 % von 220 V genügt ein 6-V/1-A-Klingeltransformator als Spannungsquelle. Er bleibt berührungsgeschützt in seiner Originalhülle. So konnte das Regelteil nach Bild 27 ebenfalls komplett auf einer Leiterplatte von der Größe der anderen Platten untergebracht werden (Bild 28). Das Regelteil besteht aus der Hauptstromversorgung (V1 bis V3 mit den »Referenzdioden« V4 und V5) und aus der Schlafsteuerung mit V6 bis V10. An sie wird eine 3-V-Batterie aus 2 Monozellen R 20 angeschlossen. Mit dem 10-kΩ-Potentiometer läßt sich die Schlafspannung einstellen. Sie sollte im Interesse kleinen Batteriestroms nur wenig über der zur Datensicherung nötigen liegen. Bis zu welcher Mindestspannung der Speicherblock noch nichts »vergißt«, muß am Exemplar erprobt werden. Bei Ausfall der Netzspannung (z. B. auch Transport bei geladenem Speicher) sichern 2 frische Monozellen die Daten bis zu 2 Tagen. Bei Wiederkehr der Netzspannung werden sie wieder praktisch bis 0 entlastet. Die Art des Hauptregelteils nimmt auf die geringe Spannungsdifferenz zwischen der vom Graetz-Gleichrichter bereitgestellten und der benötigten Spannung Rücksicht. Der GD 160 (es kann ggf. auch ein KD 615 sein) wird einfach auf einer Halbzeugplatte montiert, die durch 1-mm-Drähte mit der Leiterplatte mechanisch verbunden ist. Sollten Kurzschlüsse zu befürchten sein, empfiehlt sich statt dessen zur besseren Wärmeabfuhr ein Aluminiumkühlblech. Die Ausgangsspannung wird unter Last bei Netznennspannung auf etwa 4,8 V eingestellt. Die Endstufe schließt man zweckmäßig am Ladekondensator an. Ihre Stromaufnahme sollte – durch Eingangspegelbegrenzung oder durch Vorwiderstand zum Lautsprecher – auf etwa 100 mA begrenzt werden. Im allgemeinen genügen nämlich 100 mW und weniger für ausreichend laute Signalgabe. Selbstverständlich können auch mehrere Lautsprecher (z. B. in Serienschaltung) in der Wohnung verteilt werden.

5.8. Melodienauswahl

Der Einsatz dieser »elektronischen Spieldose« ist vielfältig. Man kann sie als (sogar die Eingabestellen durch unterschiedliche Melodienauslösung unterscheidende) Wohnungs-»Klingel«, zum Wecken mit passender Melodie, von einer Uhr ausgelöst, oder (zusätzlich) für die Gutenachtmelodie der Kinder (für jeden Wochentag eine andere!) einsetzen.

Von den 16 Möglichkeiten, die 4 »Zeilenbits« zusammenzustellen, gibt Bild 29 zunächst einige triviale Schalterlösungen wieder. Die Anzahl der Adressen entspricht der Anzahl möglicher Melodien. Auf jeden Fall muß stets jeder Adreßeingang eindeutig belegt sein, entweder mit H oder mit L. Offene (unbeschaltete) Eingänge sind häufigste Störursache!

Interessanter wird die Sache schon, wenn eine Art »Zufallsgenerator« bemüht wird. Dazu bietet sich wieder ein P 193 als 4-bit-Zähler an, der also jede der 16 möglichen Adressen beim Durchschalten mit einem Eingangstakt anwählen kann (Bild 30). Läßt man ihn ständig takten und blockiert den Taktgenerator jeweils bei Start der Melodie für deren Dauer, so wählt der Zufall aus, was gerade wiedergegeben wird. Das läßt sich weiterführen zu einer 2-Stellen-Eingabe, bei der von einer Auslösestelle (z. B. Wohnungstür) 1 von 15 Melodien zufällig ausgelöst wird, während die 2. Auslösestelle (z. B. elektrodenlos angekoppelter Telefonwecker) mit Vorrang eine (und nur diese) 16. Melodie auslöst, sogar »mitten hinein« in eine gerade vom anderen Ort gestartete. Bild 31 macht einen solchen Vorschlag – aus Umfangsgründen dieses Bauplans ohne Leiterplatte. Eine erprobte Platte ist in der in Abschnitt 8. genannten Broschüre enthalten!

6. Bauelemente und »typofix«-Folie

Dieser Bauplan entstand, weil Ende 1981 vom ZFT Mikroelektronik Dresden größere Mengen des Basteltyps S 202 D in den Amateurbedarfshandel gelangten (RFT-Filialen, Wermsdorf, Modellbauläden des SGB Kulturwaren). Außerdem waren zum Zeitpunkt der Manuskripterarbeitung auch P 193 ausreichend vorhanden, ebenso P 230 und P 274. Die Lage bei D 100 und D 110 war weniger »durchsichtig«. Mindestens bis 1980 waren jedoch noch größere Mengen des »Bastelbeutels 8« aus dem HFO im Angebot. Mit 4 × IS 1 (entspr. D 100) und je 1 × IS 2 (D 110), IS 3 (D 120), IS 4 (D 130) und IS 5 (D 140) bot sich eine Zusammensetzung, die es z. B. nahelegte, möglichst sowohl D 100 wie D 110 austauschbar vorzusehen und auch D 120 (D 140) mit zu verwenden. Daraus erklärt sich die Auslegung der Adreßsteuerplatte unter anderem mit 2 × D 110, für die auch 2 × D 100 mit 2 entsprechend behandelten Anschlüssen (vgl. Bild 25d) eingesetzt werden können, was z. B. im Mustergerät aus »Greifbarkeitsgründen« geschah.

Auf der »typofix«-Folie »Blatt 1« (Format A4) befinden sich die 4 gleich großen Leiterbilder des Gesamtgeräts sowie die Coderplatten für das Tastenfeld. Auf »Blatt 2« (A5) ist eine mit A 210 (R 210) bestückbare Endstufe untergebracht. Für den Speicherblock und für die Adreßsteuerung werden auf dieser Folie zusätzlich Rückseiten-»Drucke« bereitgestellt, so daß 2seitig kaschierte Leiterplatten angefertigt werden können. Es empfiehlt sich allerdings, von der Leiterseite nach Aufbringen des Hauptleiterbilds einige Bohrungen vorsichtig anzubringen, um die kaum zu vermeidenden Druck- und auch Aufreibtoleranzen wieder auszugleichen. Auch das weiter vorn beschriebene Verfahren mit Abdecken einer Seite ist möglich. Selbstverständlich kann man bauelementeseitig auch die in den Bestückungsplänen statt dieser 2. Folienebene vorgesehenen Drahtbrücken einsetzen.

7. Melodienprogramme

Grundsätzlich gilt: Was die Triola kann, läßt sich auch in der »Chipspieldose« speichern. Es ist daher nicht allzu schwierig, selbst Ladeprogramme aufzustellen und einzugeben. Es geht natürlich auch ohne Triola. Schließlich ist die Spieldose auch »Orgel«. Eine beliebige Adresse (über 4 Simeto-Schalter kann jede der 16 Speicherplatzgruppen binär geschaltet werden) wird zur »Spielwiese« erklärt. Auf Aufnahme schalten, Reset drücken, »Ende«-LED mit Starttaste löschen – schon kann das Laden beginnen.

Es empfiehlt sich übrigens, wenigstens 2 Taktgeschwindigkeiten anwählbar über die zunächst freien Potentiometer im Taktgenerator gegen Masse, etwa mit einem weiteren Simeto-Schalter, vorzusehen.

Geübt werden kann nun, bis der Adreßzähler von 0 an die Stelle 63 erreicht hat. Mit Drücken der Starttaste wird der nächste Versuch freigegeben usw.

Man beschriftet zweckmäßig die Tasten von links nach rechts mit c bis h'. (Real wird von den vorgegebenen Bauelementen im Tongenerator her zwar von c' bis h'' eingestellt, aber man spart so Schreibarbeit, und es ergeben sich übersichtlichere Programme.) In den Programmtabellen 1 bis 16 ist zu erkennen, wie man die auf Grund der Versuche als brauchbar erkannten Ton-Pause-Kombinationen einträgt, so daß im letzten Gang sauberes Laden der vorgesehenen Speicherplatzgruppe (von 1 bis 16 oder von 0 bis 15 gezählt) möglich wird.

Die Tabellen gestatten es, alle 16 Möglichkeiten der Spieldose auch ohne eigene »Kompositionsarbeit« zu nutzen. Die Melodien bilden eine Auswahl sozusagen »für die ganze Familie«. Bisweilen – als Zugeständnis an die fehlenden Halbtöne – wurde etwas gezaubert. Außerdem sollten auch möglichst alle 64 Schritte (stets mit einer Pause beginnend) genutzt werden. Zur Erleichterung der Eingabe wurden die Tabellen optisch aufgelockert – man kann jeden Schritt abhaken.

Kurze Pausen wurden mit Punkten, lange mit Strichen notiert. (Kurze Pause entspricht halber, lange einer ganzen Tonlänge). 2mal gleicher Ton ohne Pause ergibt also Ton doppelter Länge. Sparsamer Umgang mit Pausen »verlängert« die Melodie. Je nach Inhalt wähle man (manuell) bei Bedarf die Taktfrequenz.

8. Literatur

Nachdem die Autoren mit dem U 202 (im Handel ist es der S 202!) bereits im FUNKAMATEUR, H. 3, 1981 ein Gerät zum selbständigen Erlernen des Morsealphabets beschrieben haben, für das nur ein Speicherschaltkreis erforderlich ist, wird 1982 in der Reihe »electronica« eine über beides hinausgehende Darstellung von Einsatzmöglichkeiten dieses interessanten hochintegrierten Schaltkreises erscheinen.

1. Sandmann, lieber Sandmann

0							31
• g' g' •	g' g' e' f'	g' g' • g'	g' e' e' •	e' e' e' f'	d' e' c' c'	c' c' • c'	c' d' d' d'
32							63
e' d' e' c'	c' a h c'	c' c' c' d'	c' h d' c'	d' e' f' g'	g' g' g' e'	f' d' c' d'	d' a h c'

2. Kuckuck, Kuckuck

0							31
• d' • h	- d' • h	- a • g	• a • g	g - a •	a • h •	c' c' • a	• h • h
32							63
• c' • d'	d' • h •	d' d' • h	• d' d' •	h c' • h	• a • g	g • • •	• • • •

3. Ein Männlein steht im Walde

0							31
• d g a	h c' d' d'	e' c' h h	a a g g	• d g a	h c' d' d'	e' c' h h	a a g g
32							63
- d' • c'	h d' c' h	a a d' •	c' h d' c'	h a a g	a h c' d'	d' e' c' h	h a a g

4. Horch, was kommt von draußen rein

0							31
• c d e	f g a g	g f d h	h g e c'	c' c d e	f g a g	g f d h	d' c' c' -
32							63
a a • a	a c' c' h	a g g e	e g g g	g f f d	d h h d'	d' c' c' c'	c' • • •

5. Wiegenlied

0							31
• h h •	a • a •	g g • d	• h • h	• a • a	• g g •	d • c' •	c' • a •
32							63
a • d' •	d' • h •	h • c' •	c' • a •	a • d' •	d' • h h	• c' c' •	a • a g

6. Du, du liegst mir im Herzen

0							31
• e e e	• e e e	• e d e	g g f d	d d • d	d d • d	g f e e	e • a a
32							63
a • g g	g • h h	h • c' c'	c' • d e	f a g h	c' c' c' c'	• • • •	• • • •

7. Liebe Schwester tanz mit mir

0							31
• g • c'	• c' • c'	• h • d'	• g g •	g • h •	d' • f' •	e' • g' •	c' c' • e'
32							63
• e' • f'	f' • d' •	d' • e' e'	• c' • c'	• d' • d'	• h • h	• c' c' •	• • • •

8. Komm in meine Liebeslaube

0							31
• g g g	f e f g	• e' • c'	• g • f	f f e d	e f f f	• f f f	e d e f
32							63
• d' • h	g • e e	e d c d	e e e •	g g g f	e f g •	f • e •	d • c c

9. Im schönsten Wiesengrunde

0							31
• c e g	g g a g	g f f e	e d d c	c g g a	a g g f	f e e d	d d d •
32							63
c e g g	• g g •	g a h c'	• c' c' c'	c' a a d'	d' c' c' c'	c' h h h	h c' c' c'

10. Freude schöner Götterfunken

0							31
• h • h	• c' • d'	• d' • c'	• h • a	• g • g	• a • h	• h h •	a • a a
32							63
• h • h	• c' • d'	• d' • c'	• h • a	• g • g	• a • h	• a a •	g • g g

1. Auflage · © Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) – Berlin, 1982 · Lizenz-Nr. 5 · LSV: 3539
Lektor: Rainer Erlekampf · Typografie: Helmut Herrmann · Printed in the German Democratic Republic · Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Sachsendruck Plauen · Redaktionsschluß: 20. April 1981 · Bestellnummer: 746 365 1

11. Immer scheine die Sonne

0							31
• d • d	• g g •	a • h •	a • g •	d • d •	g g • a	• h • h	• a • d
32							63
• d • a	a • h •	c' • d' •	a • a •	h • c' c'	• h • a	• g g •	• • • •

12. Happy birthday

0							31
• g • g	• a a g	g c' c' h	h h h g	• g • a	a g g d'	d' c' c' c'	c' g • g
32							63
• g' g' e'	e' c' • c'	• h h a	a f' • f'	• e' e' c'	c' d' d' c'	e' g' e' c'	c' • • •

13. Moskauer Abend

0							31
• a c' e'	c' d' d' c'	h e' e' d'	d' a a a	• c' e' g'	• g' a' a'	g' f' e' e'	e' • d' e'
32							63
h' a' e' e'	e' • h a	e' d' f' f'	f' g' f' e'	e' d' c' e'	e' d' d' a	a a • •	• • • •

14. Hoch soll'n sie leben ...

0							31
• c' c' c'	• c' c' c'	• c' • c'	c' c' • g	g g • e'	e' e' • e'	e' e' • e'	• e' e' e'
32							63
• c' c' c'	• g g g	g • h h	h h • c'	- c e g	c' - c e	g c' - c	e g c' •

15. When the saints

0							31
• c e f	g g - c	e f g g	- c e f	g g e e	c c e e	d d - -	e d c c
32							63
c • c •	e e • g	g • g g	• f f -	e f g g	e e c c	d d c c	• • • •

16. ... und nun: Testen Sie mal!

0							31
• c c •	c e • g	• c' c' c'	• c' • c'	c' • c' a	• f • g	g g • a	• c' c' •
32							63
c' h • a	• a • g	g • e •	g g • g	f • d •	d • c c	c • • •	• • • •

Tabelle 17 Betriebsdaten des S 202 D bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C (Herstellerangaben)

Kenngröße	Kurzzeichen	Größtwert (Kleinstwert)	Einstellwerte
Ausgangssperrstrom	I_O	10 μA	U_{CC} = 5,25 V; U_{CS} = 2 V U_O = 0 bis 5,25 V
Eingangssperrstrom	I_I	10 μA	U_{CC} = U_I = 5,25 V
Stromaufnahme	I_{CC}	100 mA	U_{CC} = U_I = 5,25 V
Ausgangsspannung Low	U_{OL}	0,8 V	U_{CC} = 4,75 V; I_{OL} = 2,1 mA
Ausgangsspannung High	U_{OH}	(2,0 V)	U_{CC} = 4,75 V; I_{OH} = − 100 μA
Zugriffszeit	t_{ACC}	800 ns	U_{IH} = 2 V; U_{IL} = 0,8 V
Ausgangsverzögerung	t_{CO}	400 ns	U_I = 1,5 V; U_{OL} = 0,8 V
Gültigkeitsdauer der DO-Information nach Adreßänderung	t_{OH1}	(80 ns)	U_{OH} = 2 V
Gültigkeitsdauer der DO-Information nach CS-Änderung	t_{OH2}	(0 ns)	t_T = 10 ns[1]

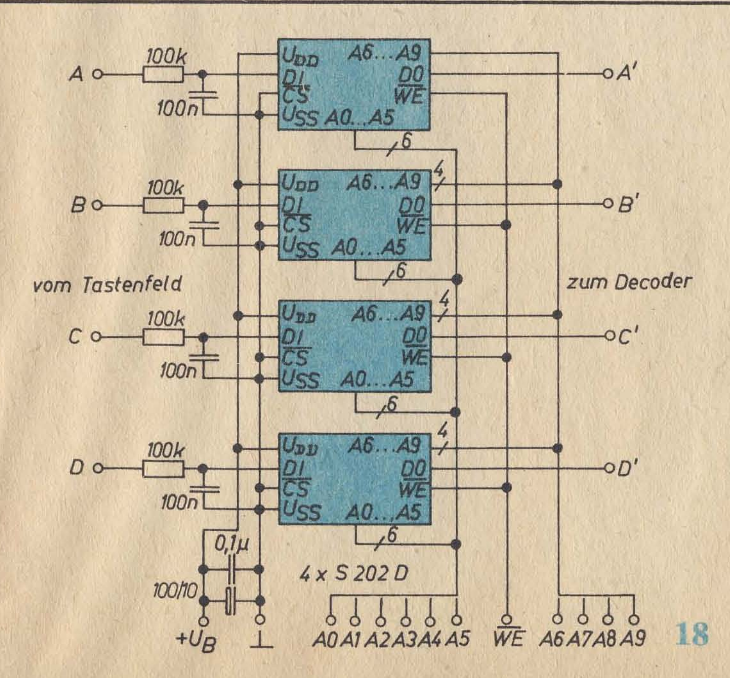
[1] Die Flankensteilheit t_T ist definiert als die Zeit zwischen 10 % und 90 % bzw. 90 % und 10 % der Flanke des entsprechenden Signals.

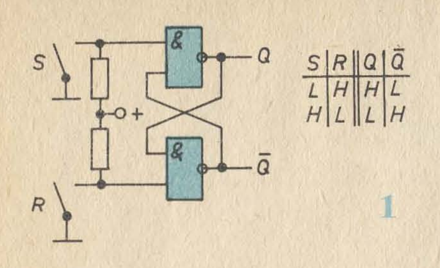
Tabelle 18 Grenzkennwerte des S 202 D (Spannungen sind auf Masse bezogen)

Kenngröße	Kurzzeichen	Einheit	Kleinstwert	Größtwert
Betriebsspannung	U_{CC}	V	− 0,5	7
Eingangsspannung an allen Eingängen	U_I	V	− 0,5	7
Ausgangsspannung	U_O	V	− 0,5	7
Verlustleistung	P_V	W	–	1
Betriebs-umgebungstemperatur	ϑa	°C	0	70

Tabelle 19 Betriebsbedingungen des S 202 D

Kenngröße	Kurzzeichen	Einheit	Kleinstwert	Größtwert
Versorgungsspannung	U_{CC}	V	4,75	5,25
Eingangs-Low-Spannung	U_{IL}	V	– 0,5	0,8
Eingangs-High-Spannung	U_{IH}	V	2,0	U_{CC}
Schlafspannung	U_{CS}	V	2,0	–
Dauer des Lesezyklus	t_{RC}	ns	800	–
Dauer des Schreibzyklus	t_{WC}	ns	800	–
Adreßbereitstellzeit	t_{AW}	ns	40	–
Schreibimpulsbreite	t_{WP}	ns	600	–
Adreßhaltezeit bezüglich $\overline{WE}$	t_{WR}	ns	0	–
Datensetzzeit	t_{DW}	ns	600	–
Datenhaltezeit bezüglich $\overline{WE}$	t_{DH}	ns	0	–
CS-Low-Zeit im Schreibzyklus	t_{CW}	ns	600	–
Einschlaf-verzögerung	t_{SE}	ns	0	–
Aufwach-verzögerung	t_{SA}	ns	400	–





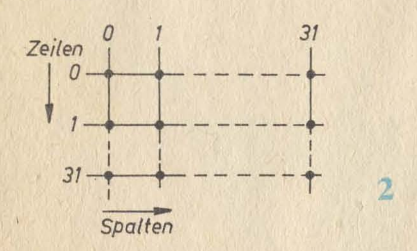
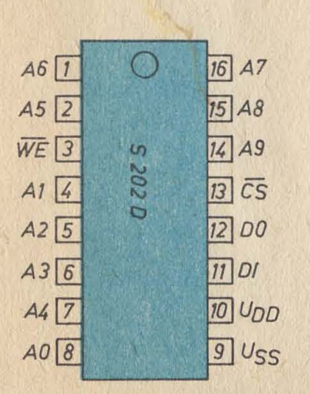


Bild 1
RS-Flip-Flop als 1-bit-Speicher: Ein L-Impuls an S liefert ein bleibendes H an Q; über L an R ergibt sich L an Q

Bild 2
Direkt adressierter Speicher (Koordinaten willkürlich gewählt): Jeder Knotenpunkt ist ein Speicherplatz, der durch eine Zeilen- und eine Spaltenleitung erreicht wird

Bild 3
Anschlußbelegung des S 202 D



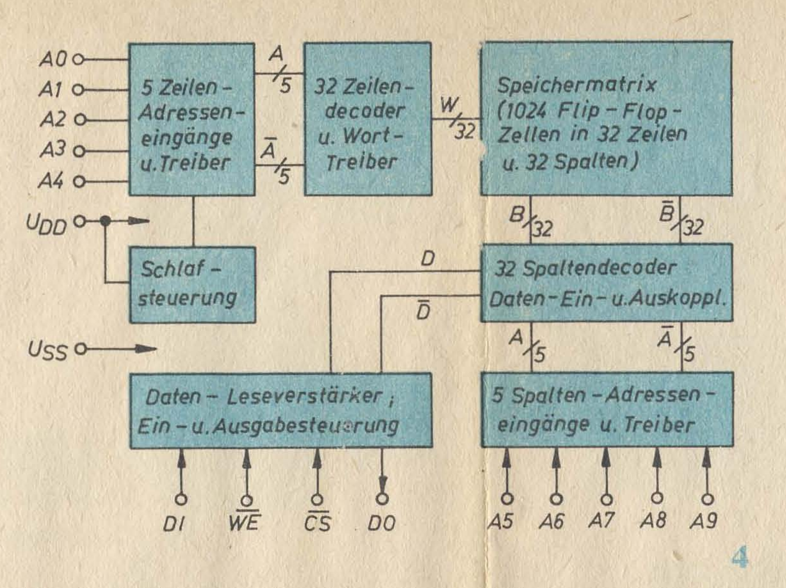
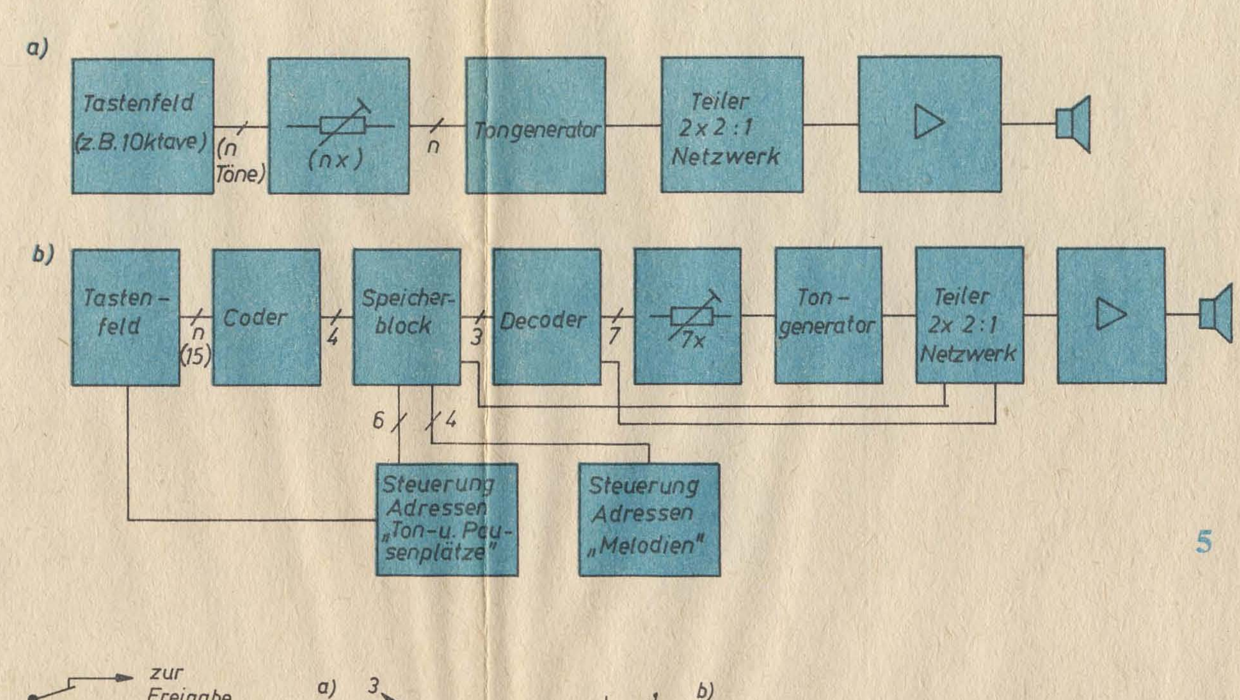


Bild 4
S 202 D: Übersichtsdarstellung der Innenschaltung

Bild 5
Das kleine (a) und das große (b) Objekt dieses Bauplans (nur Hauptverbindungen dargestellt; ohne Netzteil)

Bild 6
Tastenfeld mit Freigabeleitung



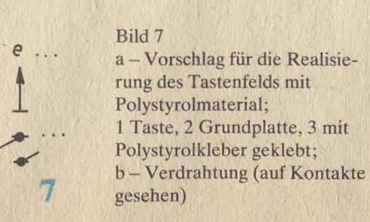
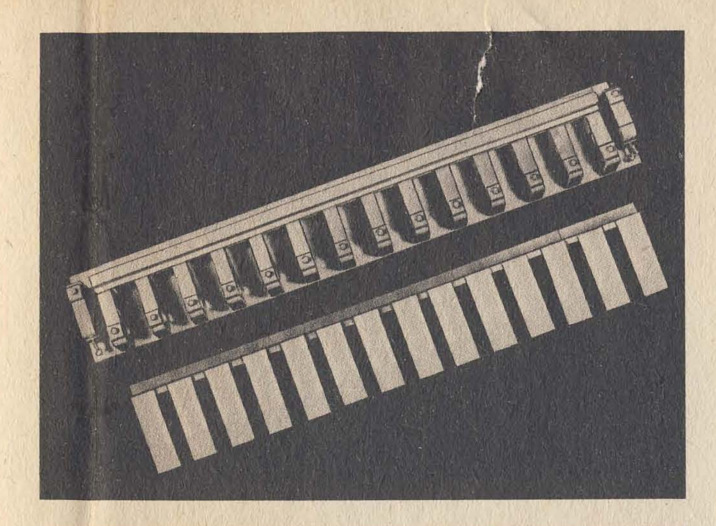
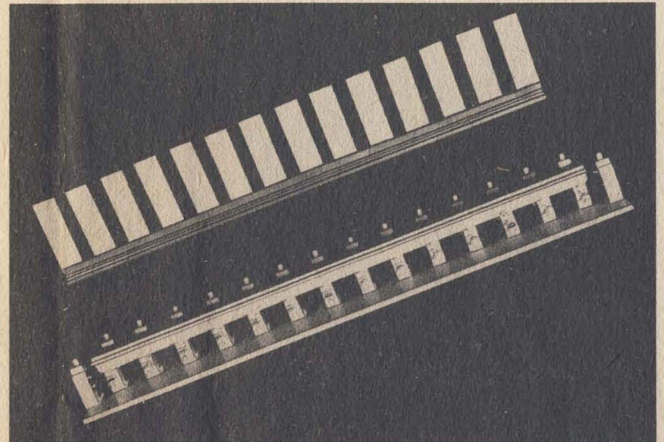
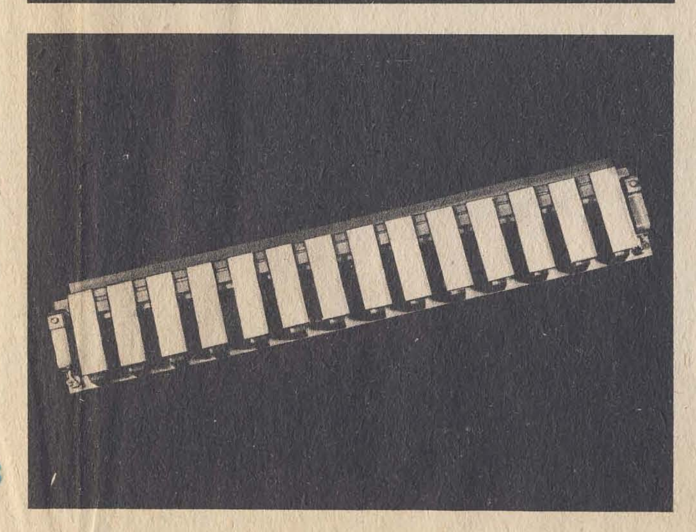


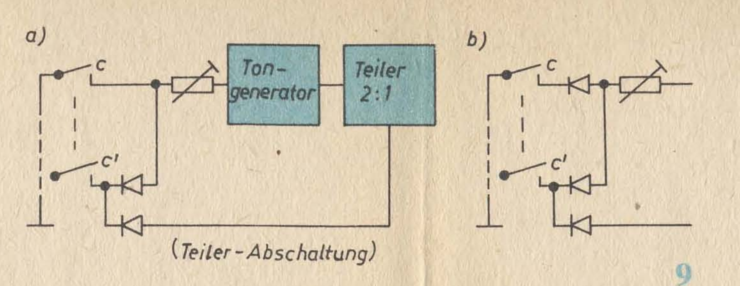
Bild 7
a – Vorschlag für die Realisierung des Tastenfelds mit Polystyrolmaterial;
1 Taste, 2 Grundplatte, 3 mit Polystyrolkleber geklebt;
b – Verdrahtung (auf Kontakte gesehen)

Bild 8
Ansichten der Mustertastatur



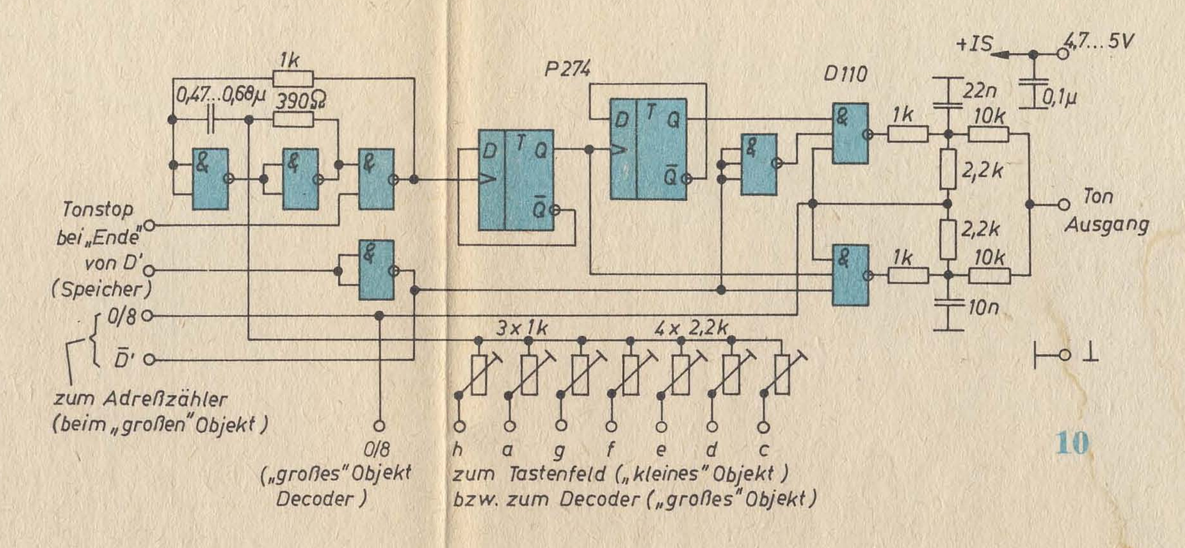






9

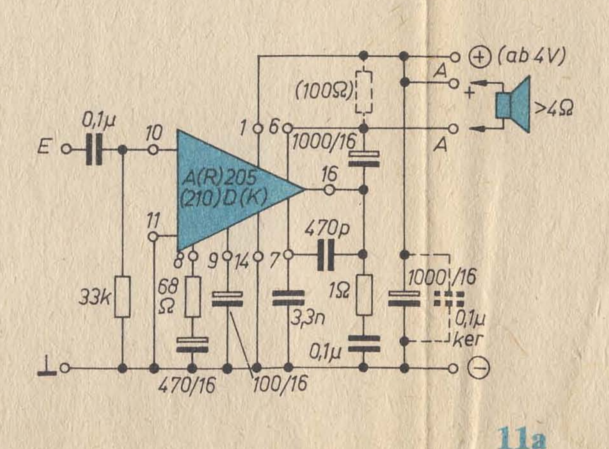
Bild 9
Automatische Teilerabschaltung bei Spielen der 2. Oktave: a – einfach, b – mit Kompensation des Diodeneinflusses auf die Tonhöhe



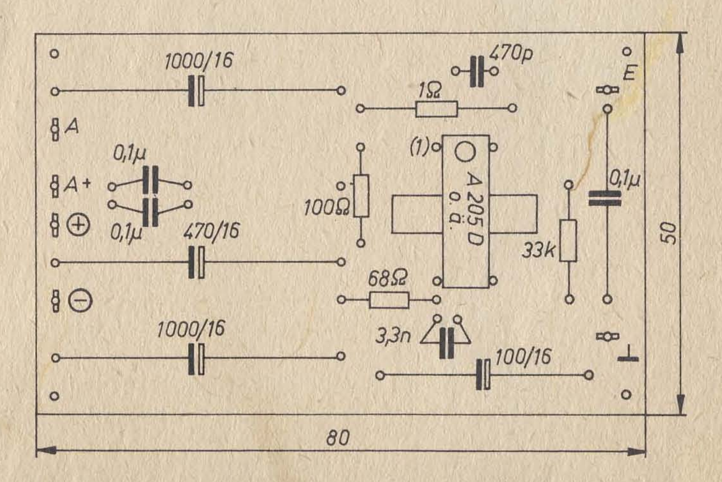
10

Bild 10
Tongenerator, Teiler und Netzwerk für die »mini-Orgel« (über c bis h auch vom Decoder des großen Objekts steuerbar!)

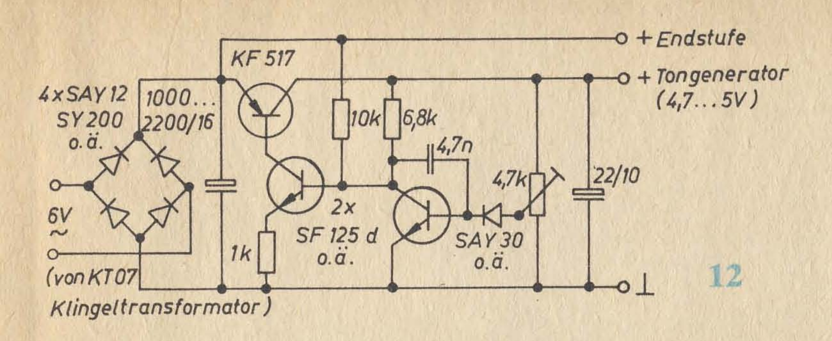
Bild 11
Vorschlag für einen NF-Verstärker zu beiden Objekten: a – Stromlaufplan, b – Bestückungsplan (Leiterbild wie »typofix«-Folie zu Bauplan 42!)



11a



11b



Nr.	A'	B'	C'	Ton	f [Hz]	1/f [µs]
0	H	H	H		Pause	
1	L	L	L	c'	261,6	3822,6
2	H	L	L	d'	293,7	3404,8
3	L	H	L	e'	329,7	3033,1
4	H	H	L	f'	349,2	2863,7
5	L	L	H	g'	392,0	2551,0
6	H	L	H	a'	440,0	2272,7
7	L	H	H	h'	493,9	2024,7
8	H	H	H		Pause	

13

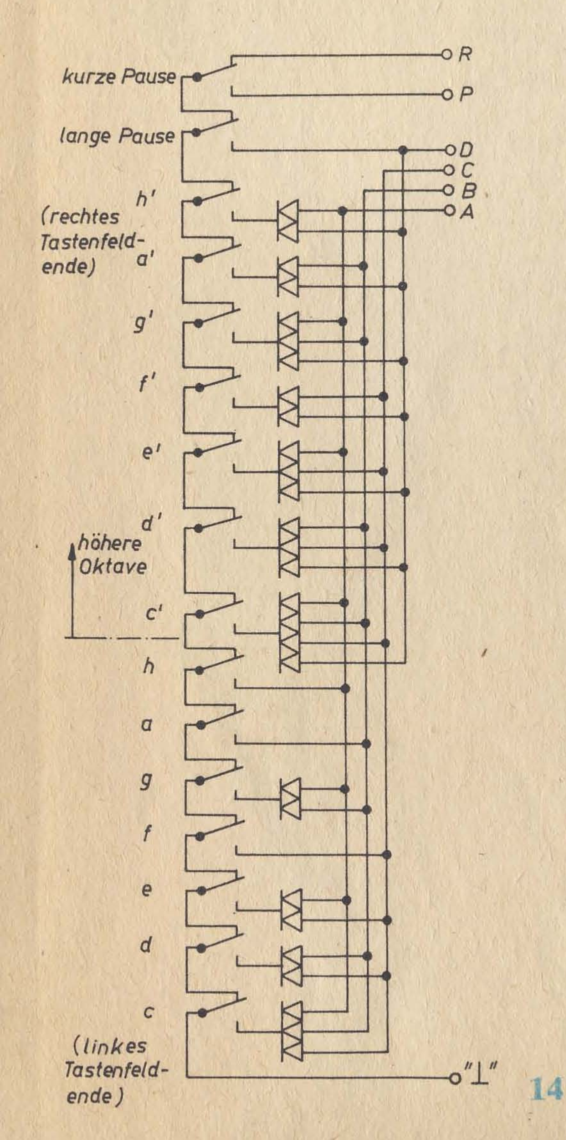


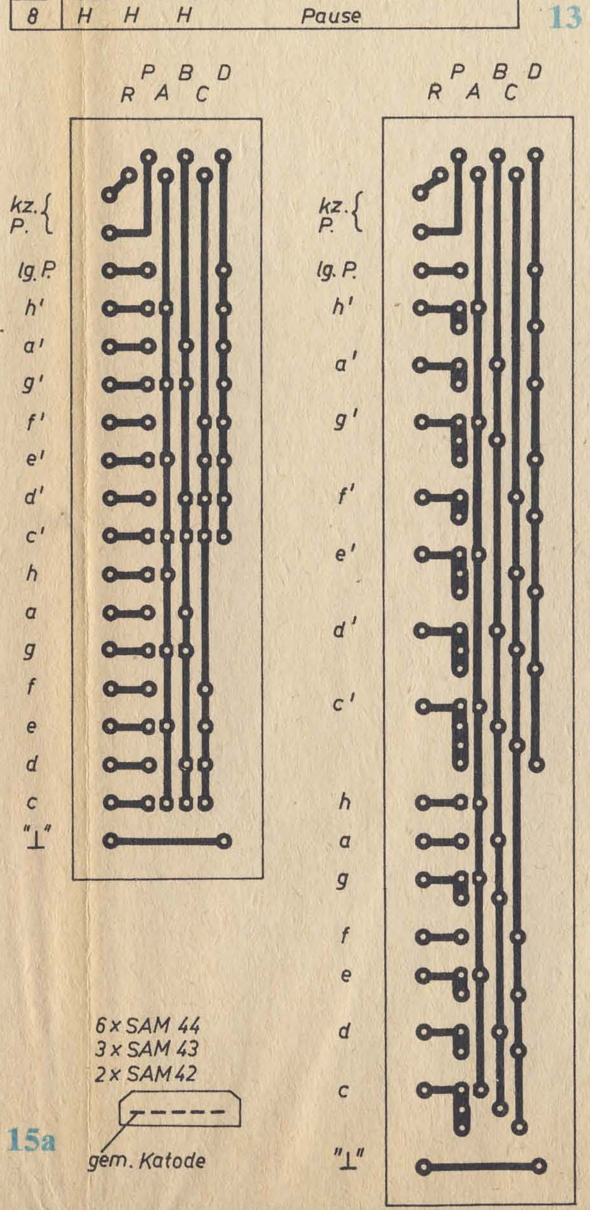
Bild 12
Einfache Stabilisierung für den Tongenerator der »mini-Orgel«

Bild 13
Binärcodierung
der 7 Töne einer Oktave

Bild 14
Tastenfeld mit Coder
für digitale Tonspeicherung

Bild 15
Leiterplatte für Coder:
a – mit Mehrfachdioden,
b – mit axialen Einzeldioden
(nur Leiterseite dargestellt; bei unterem h, a, f und bei langer Pause Drahtbrücken einsetzen)

Bild 16
Decoder für den Tongenerator
nach Bild 10



+5V

0,1µ 10k 10k 10k 10k 10k 10k 10k 10k

A' B' C'

V17 V1 V2 V3 V8 V10 V11 V12 V15 V16 V4 V9 V13 V14 V6 V5 V18 V7

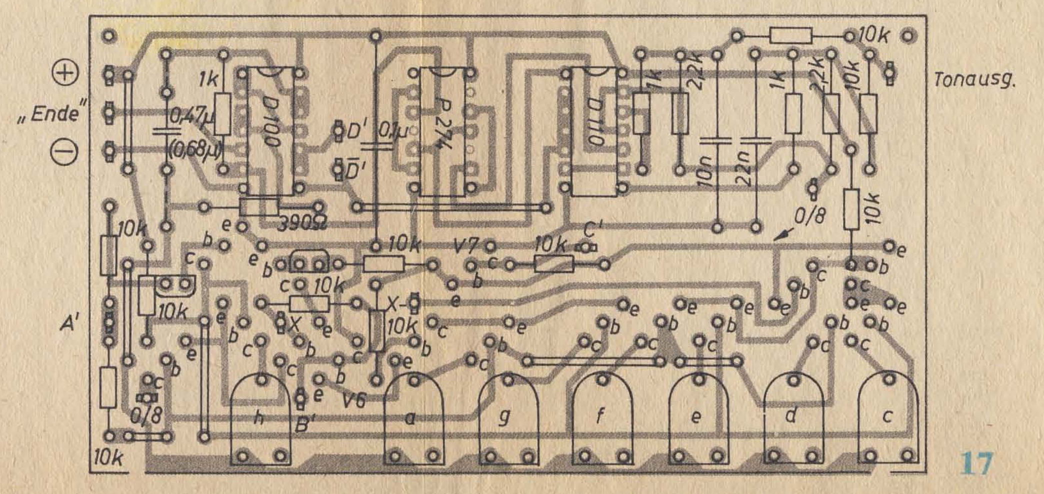
0/8 h a g f e d c

0/8, h . . . c
zum
Tongenerator

A', B', C' vom Speicher

V6 und V7: KT 326 oder KT 3107
V1 . . . V5, V8 . . . V16: SC 236 D, SS 216 D o. ä.
V17 und V18: SAY 40, o. ä.

16

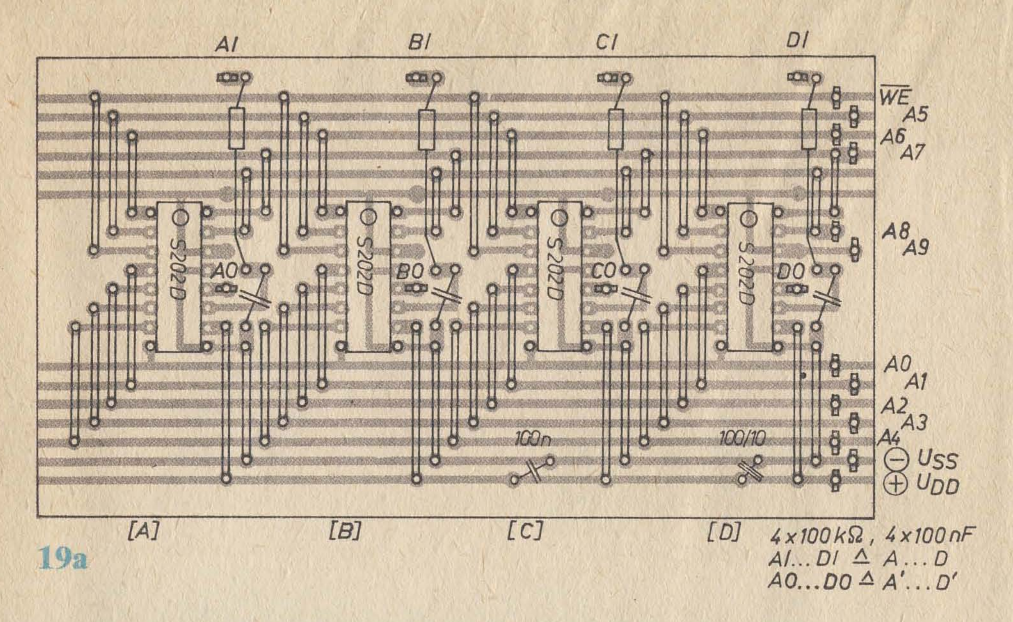


17

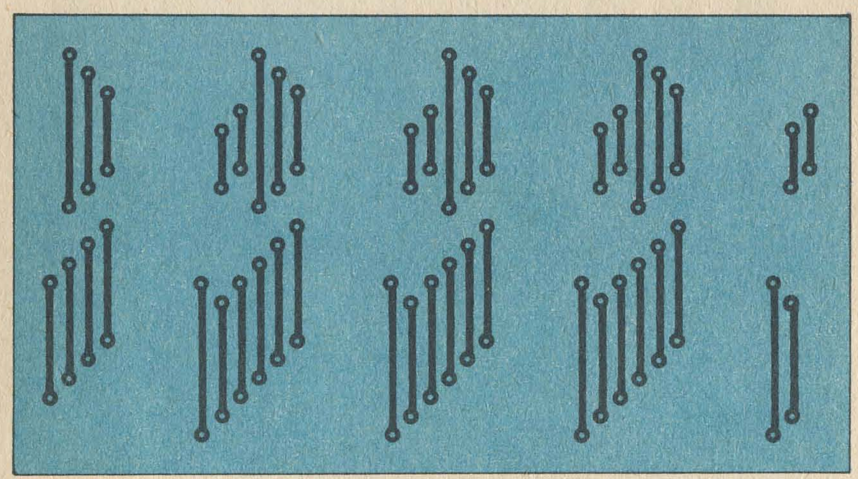
X — X = Brücke

Bild 17
Leiterplatte für Tongenerator mit Teiler, Netzwerk und Decoder (ohne letztgenannten auch für »mini-Orgel« benutzbar; dann Stecklötösen in die freien Kollektoranschlüsse zu den Potentiometern einsetzen und mit Tastenschalterkontakten verdrahten!)

Bild 18
Speicherblock mit 4 × S 202 D zum digitalen Speichern von 7 Tönen über 2 Oktaven

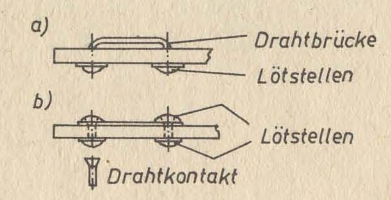


19a



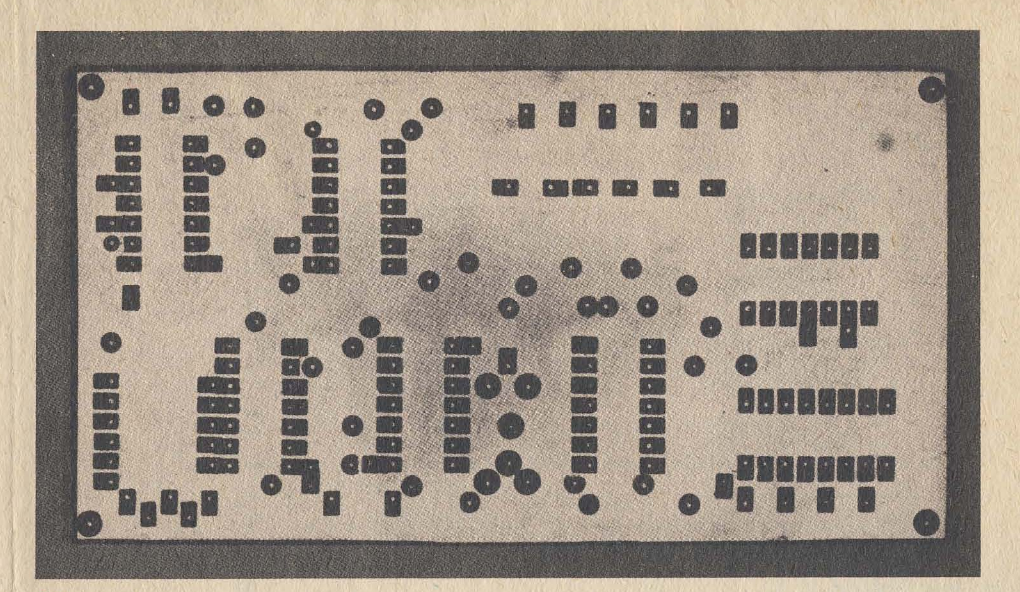
19b

Bild 19
Leiterplatte für Bild 18:
a – Bestückungsseite,
b – Leiterbild der Bestückungsseite bei 2-Seitenplatte (sonst Drahtbrücken)



20

Bild 20
Möglichkeiten für die Zweiebenenleiterplatte nach Bild 19: a – Drahtbrücken, b – Drahtstücke als Verbindungen einer 2seitigen Leiterplatte

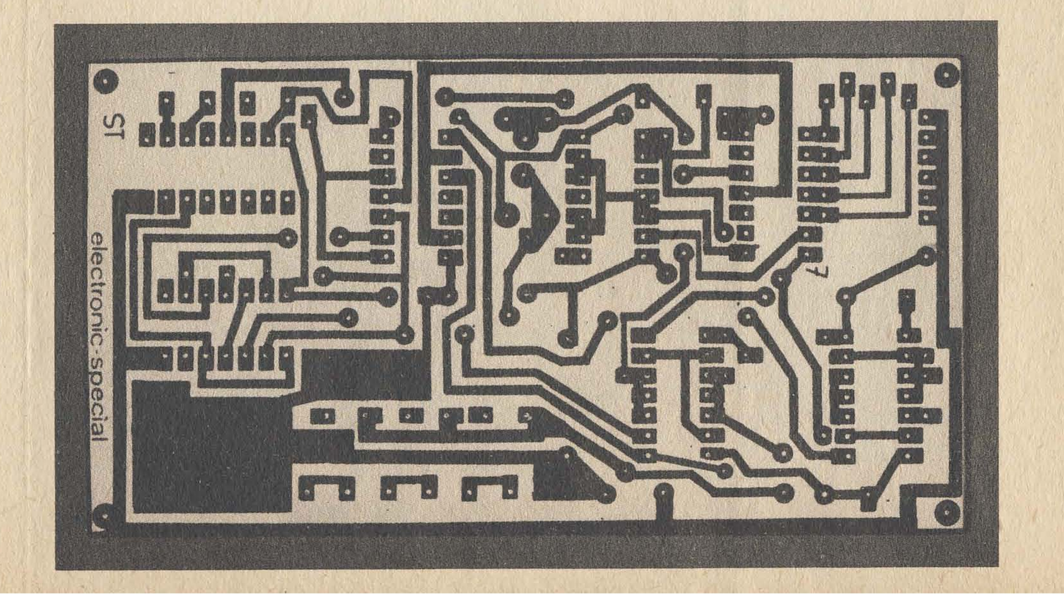


21

Bild 21
Ansichten und Herstellungsstufen der noch mit »typofix-universal« angefertigten ersten Versuchsplatte der Adreßsteuerung (verbindlich ist Bild 24!)

Bild 22
Die beiden Steuerarten des Adreßzählers

Bild 23
Stromlaufplan des Adreßzählers



(Adressen f. Melodien)
A6 . . . A9

"Laden"
Ton - und Pausen - eingabe
Einzel - schritt - Steuerung
A...D
(Eingabe)
Speicher - block
A'...D'
4
Tongenerator mit Decoder
A B C D
zum Speicherblock
Aufnahme
A0 . . . A5
(Adressen f. Töne)
Freigabe bei Start
Takt - generator
Wiedergabe
Umschaltung A - W
Adressen - Zähler 64 bit
Start/Reset
A0 . . . A5
zum Speicherblock

22

P 193
CT 16
T_V
R
$Ü_V$
Q_D
Q_C
Q_B
Q_A
1 ½ P 274
D T Q
S $\bar{Q}$
Takt bzw. Einzel- schritt
zum Taktgenerator
A0 A1 A2 A3
A4
A5 Start (Reset)
"Ende" (zum Tongen.)
zum Speicherblock
(„Adressen Töne")

23

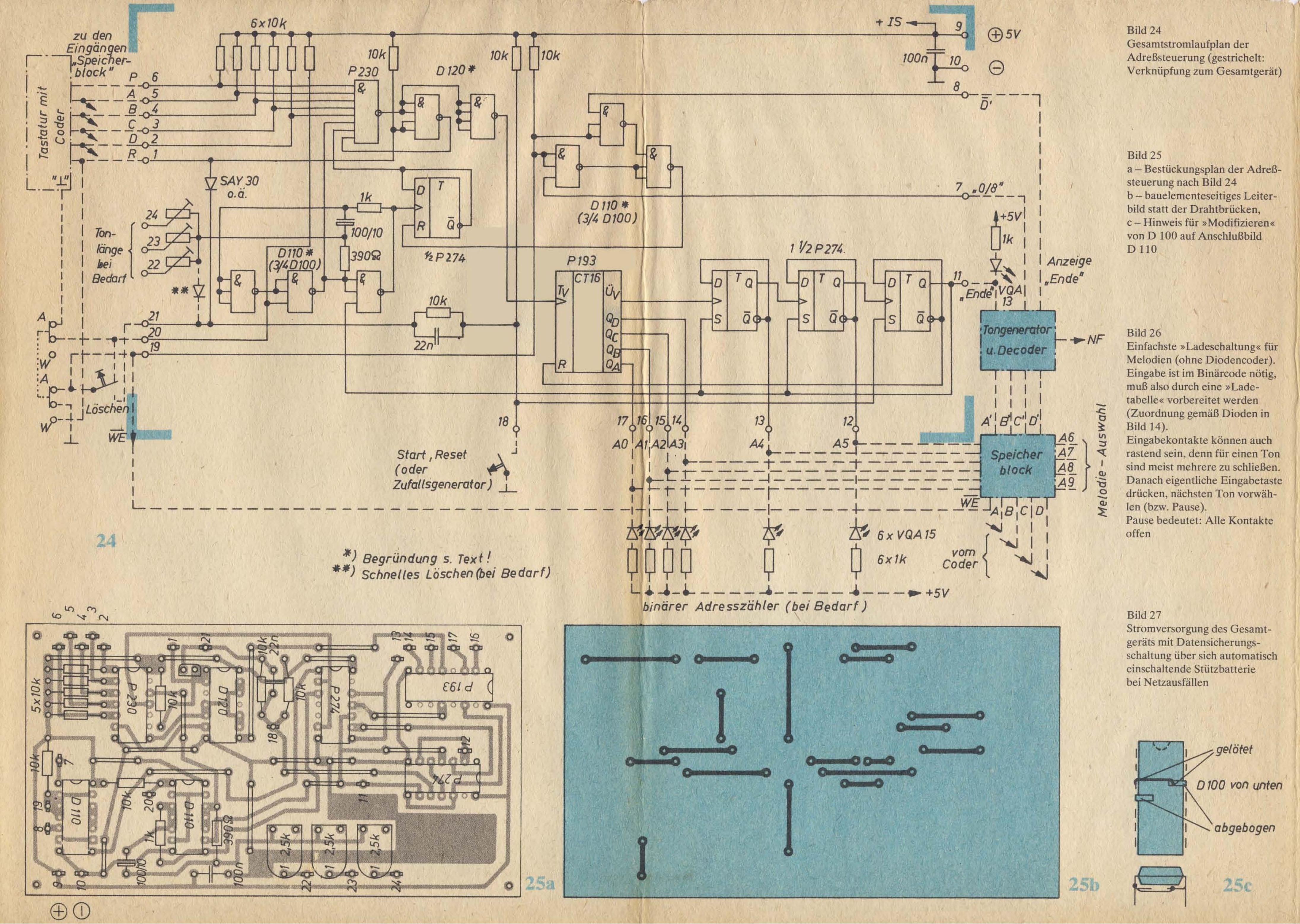
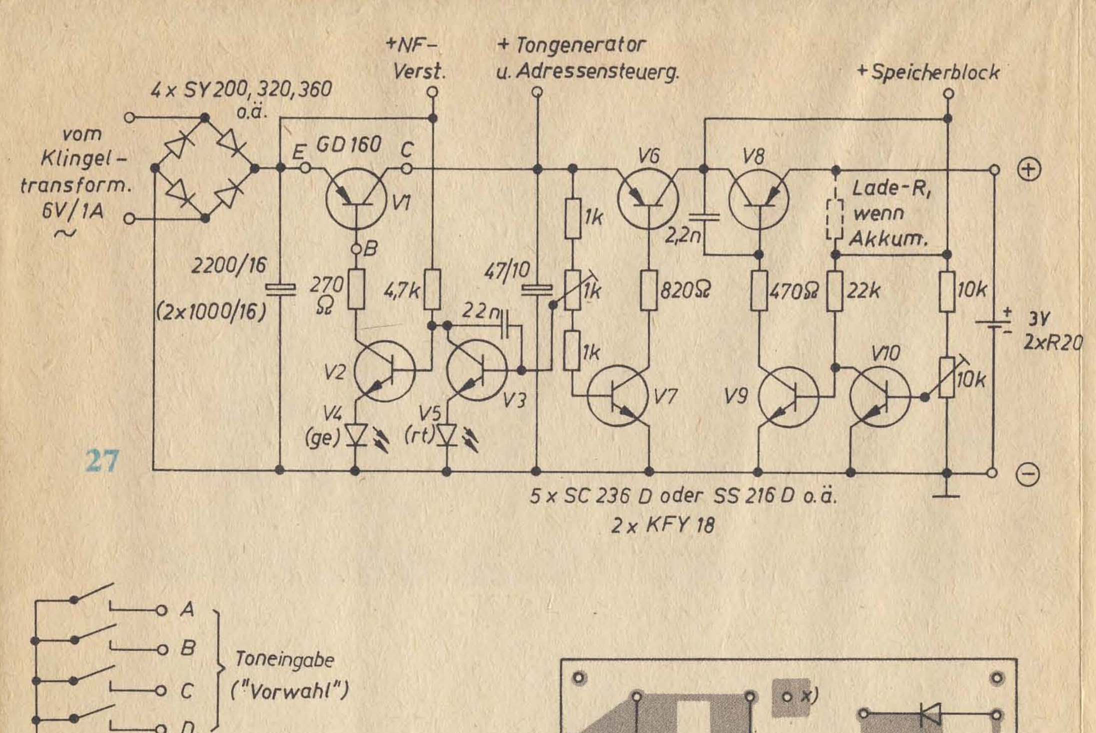


Bild 24
Gesamtstromlaufplan der Adreßsteuerung (gestrichelt: Verknüpfung zum Gesamtgerät)

Bild 25
a – Bestückungsplan der Adreßsteuerung nach Bild 24
b – bauelementeseitiges Leiterbild statt der Drahtbrücken,
c – Hinweis für »Modifizieren« von D 100 auf Anschlußbild D 110

Bild 26
Einfachste »Ladeschaltung« für Melodien (ohne Diodencoder). Eingabe ist im Binärcode nötig, muß also durch eine »Ladetabelle« vorbereitet werden (Zuordnung gemäß Dioden in Bild 14). Eingabekontakte können auch rastend sein, denn für einen Ton sind meist mehrere zu schließen. Danach eigentliche Eingabetaste drücken, nächsten Ton vorwählen (bzw. Pause). Pause bedeutet: Alle Kontakte offen

Bild 27
Stromversorgung des Gesamtgeräts mit Datensicherungsschaltung über sich automatisch einschaltende Stützbatterie bei Netzausfällen



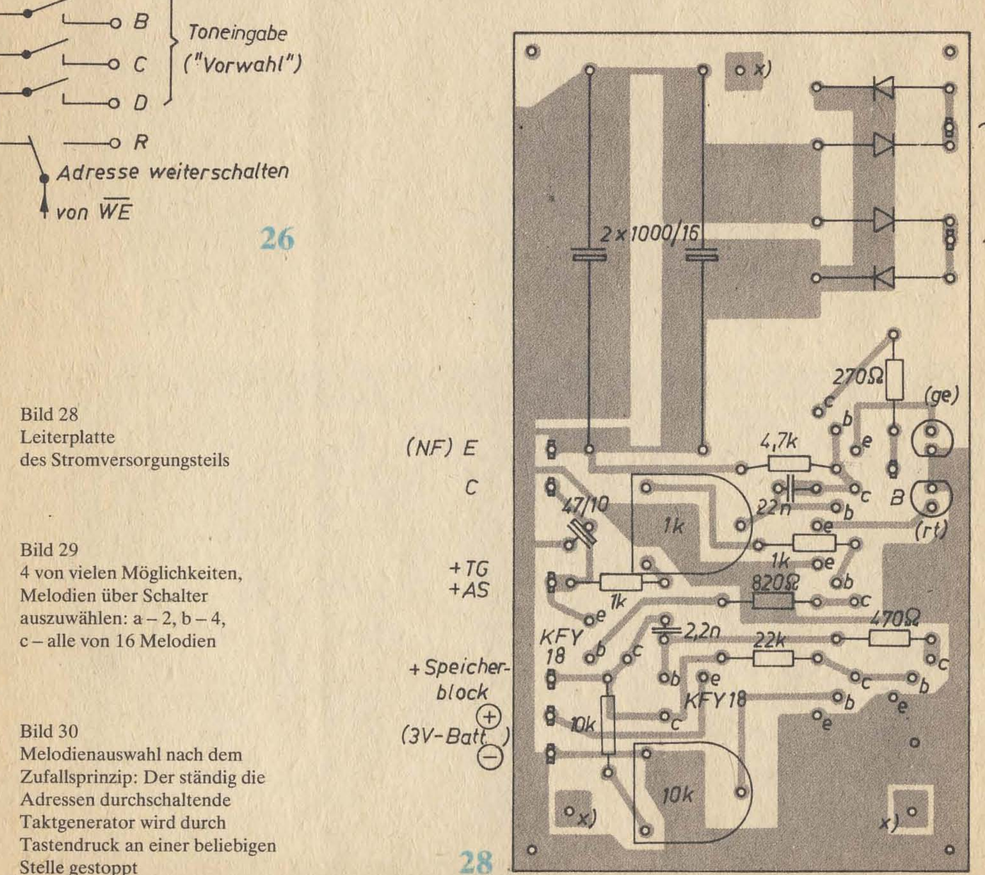


Bild 28
Leiterplatte
des Stromversorgungsteils

Bild 29
4 von vielen Möglichkeiten, Melodien über Schalter auszuwählen: a – 2, b – 4, c – alle von 16 Melodien

Bild 30
Melodienauswahl nach dem Zufallsprinzip: Der ständig die Adressen durchschaltende Taktgenerator wird durch Tastendruck an einer beliebigen Stelle gestoppt

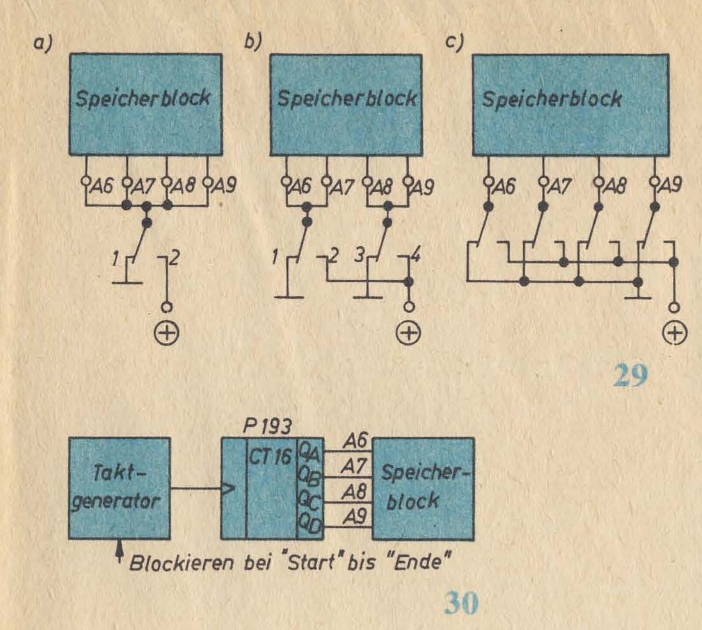


Bild 31
Vorschlag für eine Melodienauswahlschaltung mit P 193: Über Taste 1 wird der Zähler auf Melodie 16 voreingestellt, weil seine Eingangspegel an A bis D bei L am Ladeeingang zu den Ausgängen durchgeschaltet werden. Mit Taste 2 dagegen stoppt man den ständig laufenden Taktgenerator bei jeder von 15 zufällig gerade von ihm angewählten Melodie. Die übrige Schaltung blendet dabei die 16. Melodie aus; sie sorgt auch dafür, daß Taste 1 Vorrang hat – bei ihrer Betätigung wird auch in eine laufende Melodie sofort Nr. 16 eingespielt. 9 ist an Masse zu legen, wenn nur Ta 2 angeschlossen ist und alle 16 Melodien gewünscht werden. Vor die Basis von V2 ist aus Potentialgründen eine Leuchtdiode in Durchlaßrichtung zu legen
Achtung! R von IS 1 an Masse legen!

